




245

# ضرورة العلم

● دراسات في العلم والعلماء

تأليف: **ماكس بيروتي**

ترجمة: **وائل أتاسي**

**د. بسام معصراني**

مراجعة: **د. عدنان الحموي**

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت




سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 ـ 1990

245

# النقد العربي

## دراسات في العلم والعلماء

تأليف: ماكس بيروتي

ترجمة: وائل أتاسي

د. بسام معصراني

مراجعة: د. عدنان الحموي



المواد المنشورة في هذه السلسلة تعبر عن رأي كاتبها
ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلس

# المحتوى

المحتوى
المحتوى
المحتوى

# مقدمه

أنا عالم متخصص في البيولوجيا الجزيئية، وقد صرفت حياتي لمعرفة شكل هذه الجزيئات التي تقوم بدور الشغيلة في الخلية الحية، وكيفية قيامها بعملها. وفي أحد الأيام طلب إلي أحدهم أن ألقي محاضرة عما للبيولوجيا الجزيئية من أثر في المجتمع. غير أن هذا الموضوع بدا لي سابقا لأوانه. لذلك استبدلت به الحديث عما للعلم بمجموعه من أثر في المجتمع، واخترت ثلاثة موضوعات هي الأساسية لوجودنا ـ إنتاج الغذاء والصحة والطاقة، فعرضتها من منظور عالمي يتناول ما أنجز فيها من قبل وما يتوقع إنجازه في المستقبل. ومن هذه المحاضرة نبتت أول مقالة في هذا الكتاب، وهي «هل العلم ضروري»؟

لقد غير العلماء طريقة حياتنا تغييرا يفوق في قوته، ما أحدثه فيها نجوم التلفزيون ورجال الدولة و «الجنرالات» من تغيرات. ولكن ما يعرفه الجمهور عن هؤلاء العلماء يتعدى كثيرا الصورة الكاريكاتورية للعالم الناسك المتبلد الإحساس، الذي يكد فكره بمسائل عويصة لا يستطيع شرحها إلا بتمتمات تستعصي على الفهم. غير أن المرحوم ميداور[1] حطم هذه الصورة المشوهة إذ قال: «لقد آن الأوان لكي يتخلى رجل الشارع عن الاعتقاد المضلل بأن البحث العلمي عمل تنقصه حرارة العاطفة والإثارة، ويخلو من مزايا الخيال، وأن العالم رجل منصرف إلى الاكتشاف، لأن البحث العلمي في أي مرحلة

من مساره هو مشروع ساحر مثير، بل إن الارتقاء في المعرفة الطبيعية يتوقف قبل كل شيء على إيجاد منفذ إلى ما يمكن تخيله وإن لم يزل غير معروف».

وفي العلم، كما في أي مسعى آخر، يمكن أن نعثر على قديسين ودجالين، ومحاربين ورهبان، وعباقرة وحمقى، ومستبدين وعبيد، ومحسنين وبؤساء، ولكن ثمة سمة يشترك فيها أفضلهم مع كبار الكتاب والموسيقيين والفنانين، وهي الإبداع. فعقول الناس تفضل السير في الدروب المألوفة، أما إبداع أي شيء جديد كل الجدة فينطوي على قدر هائل من الصعوبة.

وفي حالتي الإبداع الفني والعلمي، يأتي الخيال في المرتبة الأولى - وهو يعمل في نطاق ثقافة واحدة لا ثقافتين[2] - ولكن بينما ينحصر الفنان في إطار أطروحاته الشخصية ومعطيات الثقافة التي يعيش في وسطها، فإن على العالم أن يلتزم بقوانين الطبيعة والحقائق التي يتوصل إليها زملاؤه النقاد.

ولقد قال ونستون تشرشل ما معناه أن «لا حاجة إلى أن تكون مهذبا في العلم، كل ما عليك فيه هو أن تكون على حق». إن كبار العلماء والفنانين يشتركون أيضا في سمة أخرى، وهي أنهم ينصرفون بكليتهم إلى بحوثهم بكل عزم وإخلاص.

فرنوار[3] مثلا كان يرسم كل يوم من أيام حياته، وعندما جعل تقدم السن أصابعه عاجزة عن الإمساك بالفرشاة، بسبب داء النقرس الذي أصابه، استعان بشخص لكي يربط له الفرشاة بيده. أما هايدن[4] فكان يستيقظ مبكرا كل صباح ليؤلف ألحانا موسيقية، وإذا خانته الأفكار، كان يمسك بسبحته ويصلي لكي ترسل له السماء إلهاما جديدا. كما أعاد تولستوي كتابة قصة «الحرب والسلم» سبع مرات. وعندما سئل نيوتن كيف توصل إلى استبصاراته الصائبة أجاب: «إنني لا أترك المسألة تغيب عن عقلي أبدا».

لن نجني الكثير من تتبع العالم في جهوده اليومية، ولكننا نجني الكثير من تقصي آثار التفاعلات الفذة بين المعرفة النظرية والمهارات اليدوية، وتقصي النسيج الذي يجمع بين اللقاءات الشخصية والمشاهدات العرضية والمزاج والحالة النفسية، والصدمات التي تتوالى إلى أن تصنع الاكتشافات.

وعلى الرغم من ذلك لا يمكن غالبا النفاذ إلى قفزة العقل الحاسمة، ثم إنه لا يزال هناك ما يقال بشأن اكتشاف السبب في أن هناك آخرين، عميت بصيرتهم عن التقاط ما حاولت الطبيعة أن تقوله لهم، على الرغم من أنهم في الظاهر كانوا قادرين على ذلك.

إن العلم الحقيقي يزدهر أكثر ما يزدهر، فيما يشبه البيوت الزجاجية، حيث يمكن لكل إنسان أن يرى ما فيها. أما حين تطلى نوافذها بالسواد كما في الحروب، فتصبح الغلبة للأعشاب الطفيلية الضارة، كذلك يكثر المشعوذون والمهووسون حين تكبت الأصوات النقدية.

حين تُعرض للنقاش في البرلمان البريطاني قضايا عامة تتعلق بأمور تجارية، يتوقع عندئذ من أعضاء البرلمان أن يعلنوا مصالحهم بشأنها. كذلك قد يشتبه بعض قراء مقالتي «هل العلم ضروري؟»، في أنني أعمل لخدمة الشركات المصنعة للمواد الكيماوية الزراعية أو للأدوية أو للمورثات أو لمنشآت الطاقة النووية. ولكن ليس لدي أي مصلحة ترتبط بأي واحدة من هذه، بل إن همي الوحيد هو إبقاء الطبيعة والحضارة مزدهرتين.

حين أكتب عن العلم أتوهم أن لدي ببغاء جاثمة على كتفي تنادي بين حين وآخر بصوتها الأجش: «ألا يمكن أن يقال ذلك بصورة أسهل؟». لذلك آمل أن تكون تحذيراتها الصاخبة قد ساعدتني على جعل هذه المقالات مفهومة من قبل كل قارئ.

# الهوامش

(1) Peter Medawar عالم بعلم الحيوان (بريطاني من أصل لبناني 1915 ـ 1987) وأحد رواد علم المناعة في العالم، حاز جائزة نوبل في الطب عام 1960 مشاركة مع (م. بيرنت) تقديرا لبحوثه في زراعة الأعضاء.

(2) الإشارة هنا إلى التضاد الذي قال به الكاتب C. P. Snow بين نوعين من الثقافة في العصر الحديث: ثقافة العلم وثقافة الأدب، وذلك في مقاله المشهور بعنوان «الثقافتان».

(3) مصور فرنسي مشهور ينتمي إلى المدرسة الانطباعية في التصوير (Impressionism).

(4) مؤلف موسيقي ألماني يوصف بأنه أبو التأليف السيمفوني، وقد ألف أكثر من مائة سيمفونية. وكان بيتهوفن وموتسارت وغيرهما من كبار الموسيقيين يعترفون بأستاذيته لهم.

# 1

# هل العلم ضروري؟

## التأثير الإنساني للعلم:

أحقا إن البحث العلمي هو أنبل مساعي العقل البشري، ومن معينه ينبع تيار لا ينقطع أبدا من الاكتشافات الخيرة، أم إنه مكنسة ساحرة تهددنا جميعا بالفن2اء؟ وهل أفسد العلم جودة الحياة؟

لكي تتحققوا من أن قضم آدم لتفاحة المعرفة كان فيه أعظم فائدة لحواء، يكفي أن ترجعوا إلى زمن جدتكم. تذكروا مثلا كيف بدأ تولستوي روايته آنا كارنينا: «كان كل شيء في منزل أوبلونسكي مقلوبا رأسا على عقب، فقد اكتشفت الأميرة أن لزوجها الأمير علاقة غرامية بمربية أطفالهما الفرنسية»، فما الذي دفع الأمير إلى ذراعي هذه المربية؟ إن الأميرة دولي لم تتجاوز بعد الثالثة والثلاثين، ومع ذلك هي أم لخمسة أطفال على قيد الحياة ولطفلين متوفين. فكثرة الحمل أحالتها ذاوية باهتة، وهذا ما جعل الأمير يفقد اهتمامه بها. كانت النساء في أوروبا القرن التاسع عشر، وحتى من الطبقة الراقية، يتلقين القليل من التعليم، وكان دورهن يقتصر على إنجاب الأطفال والشؤون المنزلية. والكثير منهن كن يمتن بعد الولادة نتيجة لحمى النفاس، وهي التهاب يمكن الوقاية منه بطرق

العلم وحده هو القادر على حل مشكلات الجوع والفقر والمرض والجهل، والخرافات والعادات والتقاليد البالية، والثروات الهائلة الآيلة إلى النضوب، والبلدان الغنية التي تتضور شعوبها جوعا...
وهل هناك من يجرؤ على تجاهل العلم؟ فنحن نلتمس العون منه في كل أمر ... ولا وجود في المستقبل إلا للعلم، ولكل من يناصر العلم.

**جواهر لال نهرو (1889 - 1964)**
**أول رئيس وزراء للهند بعد الاستقلال**

صحية بسيطة، مما جعله اليوم مرضا شبه منسي، أما فتيات الطبقة العاملة اللواتي لم يكن قادرات على الزواج، لعدم امتلاكهن البائنة الضرورية، فلم يكن لهن من مخرج سوى الخدمة المنزلية، وفي الصورة الساحرة التي رسمها الفنان جيرارد ديفيد عام 1500 تقريبا، والمعروضة في صالة إسكوتلندا الوطنية، نشاهد القديس نيكولاس وهو يسقط كيس نقوده خلسة في غرفة نوم بنات صديقه المفلس، لكي يصبح قادرا على شراء أزواج لهن، ولولا أن العلم قد زود النساء بوسائل منع الحمل وبتقنيات التدبير المنزلي، لما أمكن لتحرير النساء أن ينجح.

لم تكن الحضارات الأولى كلها قائمة على سيادة الرجل فحسب، بل كانت قائمة على نظام الرق. وكان ذلك يصدق طبعا على اليونان وروما، وقد ظل هذا النظام قائما حتى عصر النهضة الإيطالية، ولكن الذين يدركون ذلك هم قلة، ففي عام 1395 كتب تاجر يدعى فرانشيسكو داتيني من مدينته الصغيرة براتو، إلى شريكه في جنوة «الرجاء أن تشتري لي جارية صغيرة، عمرها بين الثامنة والعاشرة، على أن تكون من سلالة قوية»، كما لو كان يشتري حصانا[1]، وكان الخدم حتى في القرن الثامن عشر، أحرارا بالاسم فقط، ففي أوبرا «زواج فيجارو» كان باستطاعة فيجارو وسوزانا أن يخدعا الكونت ألمافيفا، ولكن لم يكن باستطاعتهما الهرب منه قط.

وقد جعل العلم المجتمع إنسانيا أكثر بطرق أخرى أيضا، إنما بتدرج شديد، فقد بلغ حرق المشعوذين ذروته في القرن السابع عشر، أي في زمن جاليليو ونيوتن، ولم يتوقف إلا في القرن الثامن عشر[2]. وفي القرن الثامن عشر وبداية التاسع عشر، كان هناك في إنجلترا ما ينوف على مئتي نوع من الجرائم التي عقوبتها الموت. وقد رُوي مرة أن قاضيا حكم على زمرة من الصبية بالموت، فكتب الشاهد: «لم أسمع في حياتي صبيانا يصرخون بهذه الطريقة»، وكان من عادة الدكتور صمويل جونسون، مؤلف المعاجم الذي اشتهر بأنه من كبار مثقفي القرن الثامن عشر في إنجلترا، أن يصطحب أصدقاءه في يوم الأحد ليسلوا أنفسهم بمراقبة المجانين المقيدين بالسلاسل في مستشفاهم. وكانت النكات عن المجانين شائعة حتى أيام شبابي.

إن ما دفعنا إلى تغيير موقفنا من الآثمين والمصابين بمرض عقلي هو تركيبة من العلم والتحررية الإنسانية، فقد جعلتنا هذه التركيبة نتساءل:

هل الشنق رادع حقا؟ وهل في المجنون والعجوز المصابة بالخرف مسٌ من الشيطان؟ وما الدافع إلى الجنون وإلى الجريمة؟ حقا إن البلدان التي يحق لها أن تفخر بسجونها ومشافي المجانين فيها قليلة، إلا أن العلم غيّر مواقفنا من سلوك الإنسان، وأحل بالتدريج الروية والعقل محل القسوة والتحامل والخرافة. وقد نما هذا الاتجاه نموا بطيئا، جعله بحاجة إلى أن يُنصح به كل جيل جديد، ومن دون ذلك تكون أجسام الناس وحدها هي التي تنطلق في الصواريخ، أما عقولهم فترتد إلى العصور الوسطى.

لقد اعتاد الناس بسرعة على منجزات العلم التقنية، في حين أنهم يجهلون قوانين هذا العلم.

وبحسب مارواه مارتن جاردنر(3)، كان الرئيس رونالد ريجان يستشير المنجمين بانتظام قبل اتخاذ قراراته المهمة، ويبدو أنه لم يسمع بما ذكره القديس أوغسطين قبل نحو 1600 سنة، في كتابه الخامس «مدينة الرب»:

«كيف يفسر لنا المنجمون أنهم لم يكونوا قط قادرين على تحديد أي سبب يجعل التوأمين يختلفان غالبا اختلافا كبيرا في حياتهما وفي أفعالهما وفي الأحداث التي يتعرض لها كل منهما في مهنته وفنه ومناقبه، وفي خصوصياتهما الأخرى، وحتى في موتهما، في حين أن هناك فيما يتصل بهذه الأمور التي ذكرناها، أناسا غرباء عنهما تماما ومع ذلك يشبهونهما أكثر مما يشبه أحدهما الآخر، مع قصر الفترة الزمنية الفاصلة بين ولادتيهما، وأن الحمل قد تم في لحظة واحدة وبعملية جماع واحدة».

وحتى عهد قريب كان العديد من زملائي في جامعة كمبردج يعتقدون أن الساحر جيلر Geller الذي اعتقدوا أنه قادر على ليّ الملاعق بنظره، يمكنه أن يعطل قوانين الفيزياء.

وحين نأتي إلى وضع الإنسان العادي، نجد أن هناك فرقا كبيرا بين أسلوب كل من الكاهن والسياسي والعالم. فالكاهن يقنع أمثاله من البسطاء بأن يتحملوا عبأهم الثقيل، والسياسي يحضهم على التمرد ضد هذا العبء، أما العالم فيفكر بطريقة تخلصهم منه كليّة. وهكذا أتى العلم بفكرة مملكة الحرية التي كتب عنها كارل ماركس: «إنها تبدأ حين ينتهي العمل المضني». ففي بعض أنحاء العالم، وبخاصة في إسكندنافيا والنمسا ونيوزلندا، لم يعد هناك الآن أي تفاوت شديد بين الغني والفقير، أو على الأقل أمكن

الاقتراب من المثل الأعلى المسيحي للمساواة بين الناس، ودحضت في هذه البلدان مقولة ماركس: «لا نستطيع تحقيق درجة أكبر من الحرية إلا باستبعاد أناس آخرين».

فلم يعد ثمة وجود لطبقة حاكمة عليها اضطهاد الطبقة التي تحكمها وقهرها، ولم تعد السلطة السياسية تشكل «القوة المنظمة للطبقة التي تضطهد أخرى». كما لم تعد هناك دكتاتورية بورجوازية ولا دكتاتورية بروليتارية، لأن العلم والاشتراكية الديمقراطية رفعا مستوى معيشة الجماهير إلى مستوى كان من الصعب أن تحلم به البورجوازية في زمن ماركس.

كان الفقر في القرن الثامن عشر أكبر مشكلة اجتماعية مستعصية على الحل في أوروبا، ففي ميونخ كان الفقراء يعيشون في الشوارع، أو يتجمعون في أحياء مكتظة وقذرة بصورة رهيبة. وكان المرء يشاهد في كل مكان متسولين سقيمي الأجسام في أسمال بالية، فيدفع لهم الناس ما تيسر بسرعة لكي يتخلصوا منهم، وكانت ظروف معيشتهم تشبه ظروف المعيشة في كلكوتا بالهند اليوم، مع الفارق بأن الفقير في كلكوتا لا يتجمد من البرد[4]. لقد كان الوضع في لندن مختلفا إلى حد ما، فقد اشتكى العالم الألماني ج. ليشتنبرج G. Lichtenberg من أنه لم يكن قادرا على التجوال من دون أن يضايقه طوال الوقت المومسات والنشالون، وكان معظمهم من الأطفال[5]. وغالبا ما كانت مواسم الحصاد السيئ والشتاء القارس تقضي على عشر السكان في الأرياف، لكن العلم والتقانة أزالا هذا البؤس عن جزء كبير من عالم اليوم.

إذن كيف نشأت أسطورة حياة الماضي البسيطة السعيدة الخالية من المتاعب؟ فالشعراء قديما كانوا يحبون أن يتخيلوا فردوسا ريفيا ينعمون فيه بالمسرة والسكينة ورغد العيش. أما في القرن الثامن عشر، فقد كان فقر الحياة في الريف وقذارتها معروفين للجميع، ولم تكن لوحات بوشيه Boucher[*1] الريفية المبهجة ولا مزرعة ماري أنطوانيت تكفي لتضليل أولئك الذين كانوا يستمتعون بها. غير أن الأسطورة في القرن التاسع عشر، بدأت تضفي لونا، بفضل الحركة الفنية والمهارات اليدوية، على حياة الآلاف من الذين كانوا يريدون الهرب من قباحة عالم التقانة، إلى عيش ريفي بسيط سليم لم تفسده بعد الصناعة. إن ورثة زبائن ويليام موريس [*2]، أو أولئك

الذين كانوا يبحثون في ثمانينيات القرن الماضي عن السعادة القروية في أطراف مدينة لندن أو في حديقة بدفورد، صاروا اليوم يبحثون عن فردوس أسطوري، فيمجدون الطعام الصحي، ويترددون على بائعي الأعشاب، ويرتدون ثيابا ريفية ورومانسية مزركشة بالأزهار، ويشترون الأثاث المصنوع من خشب الصنوبر لبناء أكواخهم المشيدة في الضواحي، ويتحولون إلى الزراعة التي تستخدم المواد العضوية فقط. ترى، هل يدركون أنهم أدخلوا إلى حياتهم أسطورة يونانية قديمة؟ ألا يجوز أن تكون الرغبة في الهروب إلى تلك الأسطورة قد ولّدت شعورا سائدا في هذه الأيام مضادا للعلم؟ لقد استغل بعض المهووسين هذا الشعور، كما استفاد منه بعض الإعلاميين البارعين في تشويه الحقائق.

### تحديات تواجه العلم:

ومع ذلك، ألم نجن من العلم أفضل ما فيه؟ ألم تصبح زيادة النفقات باستمرار ضرورية لتحقيق تقدمات تزداد ضآلتها، أو بمعنى آخر ألم يعترض سبيلنا قانون تناقص الغلة[*3]؟ أليس الإعلان عن إيقاف البحث العلمي وتسيير الأمور بما لدينا من معرفة، هو الأفضل، فنستفيد عندئذ من المال المتوافر في تخفيض الضرائب؟ لقد أجرت الصين هذه التجربة، وأطلقت عليها تعبيرا ملطفا: «الثورة الثقافية»، فكلف العلماء بأعمال مجهدة، وأقفلت معاهد البحث، أو شُلّ عملها بالمناقشات الأزلية حول أهدافها السياسية. أما الباحثون المستقلون من العلماء، فقد أمروا بالتخلي عن أحلامهم النرجسية، وبأن ينشروا أعمالهم من دون ذكر أسمائهم، وأن يعزوا نجاحهم لقيادة الرئيس ماو الحكيمة.

فماذا كانت النتيجة؟ هل أرجعت الثورة الثقافية الشعب الصيني إلى مثل روسو الأعلى الذي هو الآن مثل العديد من الشبان في الغرب، أي إلى مجتمع مكون من الرجال والنساء النبلاء الذين أصبحوا في انسجام مع الطبيعة؟ بالعكس تماما، فقد جرتهم إلى شفير انهيار اقتصادي، لأن إبقاء الناس جميعا طاعمين كاسين، وبصحة جيدة، وحماية البلاد من الغزو الأجنبي، هما مسألتان لا يمكن أن يحلا من دون العلم، والسبب في ذلك لا يعود فحسب إلى مواجهة مشكلات جديدة تتطلب الحل باستمرار، بل إلى

أن المعرفة المتوافرة لا يمكن من دون العلم تطبيقها بوعي وذكاء، ولا يمكن صياغتها وطرحها من دون تدريب علمي متقدم. فالعلم إذن وجد لكي يبقى، كما لا يمكن أن نرغب في بقائه بعيدا، بل يجب الاستفادة منه إلى أقصى حد، ومع ذلك ستصادفنا معضلة أساسية يجد العلماء والمجتمع صعوبة في مواجهتها.

غالبا ما يكون العلم بحاجة إلى ثمن، لأن معظم خطوات التقدم التقني تخضع لمبدأ التكاملية الذي صاغه نيلز بور Bohr، لكي يبين أن الأمواج والجسيمات هما جانبان مثنويان[*4] للمادة.

كذلك يمكن أن ننظر إلى فوائد كل تقدم تقني ومخاطرة على أنهما جانبان مثنويان يجب أن يحكم المجتمع بينهما، ولكن هذا الحكم قد يقدم لنا خيارات محيرة لا يمكن عندها للقيم الأخلاقية ولا للحقائق العلمية، أن تهدينا بشأنها إلى قرار واضح.

فالمدنية مثلا تتطلب أن يكون لكل إنسان الحق في أن يتوقع أن يمتد به العمر لفترة معقولة من دون جوع أو مرض، ولكن الوفاء، حتى بجزء من هذا التوقع، أدى إلى نمو سكاني (أسيّ) سريع يهدد بعدم تلبية المطلب نفسه الذي كان سببا لهذا النمو.

كما أن إحلال الآلات محل العبيد يتطلب طاقة، ولكن زيادة معدل استهلاك الطاقة باستمرار يهدد بتقويض الحياة المدنية التي كان من المفروض أن يدعمها.

وكذلك، لن يحيا المجتمع المتمدن إلا في ظروف سلام وطني وعالمي، في حين أن العلم يضع تحت تصرفه من أجل تدميره وسائل يتزايد باستمرار إتقانها وكلفتها وفعاليتها، ومع أن هذه التحديات الثلاثة مترابطة، فإنني سأناقشها تباعا.

## العلم وإنتاج الغذاء:

### المحاصيل الزراعية:

لقد سبق لجوناثان سويفت أن كتب في روايته «رحلات جلّيفر» أن ملك برودنجانج Brodingang منح جليفر مملكة مقابل رأيه: بأنه لو استطاع إنسان ما أن يجعل كوزين من الذرة أو ورقتين من العشب، تنبتان على رقعة من

الأرض، حيث لم يكن ينبت سوى واحدة، لاستحق هذا الإنسان أن يكون أفضل الناس، ولأدى لبلده خدمة أكثر أهمية من كل ما أداه السياسيون مجتمعين». ومع ذلك لم أر أن الأنصاب رفعت لذكرى الأمريكي نورمان بورلانج Borlang الذي طور نوعا من القمح يعطي غلة وفيرة، أو للإنجليزي دوجلاس بيل الذي طور نوعا عالي الغلة من الشعير، ولا يزال اسماهما مجهولين لدى عامة الناس، وكل ما شاع هو معايب هذه الأصناف العالية الغلة.

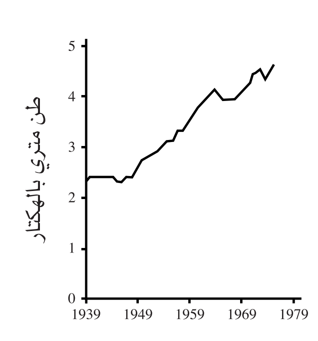
لقد أحدث العلم ثورة في الزراعة، وضاعف بين عامي 1956 و 1971 إنتاج العالم من الحبوب، ولكن هل يستطيع أن يستمر في إطعام الناس المتزايدين في العالم من دون إضرار بيئي مستهجن؟ لكي أجيب عن هذا السؤال دعوني أولا أتحدث عن التقدم في أحد البلدان المصنعة، وهو بريطانيا العظمى، ثم عن أحد البلدان النامية وهي الهند. ففي بريطانيا العظمى، كان تزايد الإنتاج الزراعي المذهل قد أنجز بفضل الجمع بين علوم النبات والوراثة والكيمياء والهندسة، وقد حض على ذلك ضمان ثبات الأسعار التي كانت أعلى من أسعار السوق العالمية (الشكل 1).

ففي الثلاثينيات لم تنتج بريطانيا سوى ثلث طعامها، أما الآن فهي تنتج 80 بالمئة من طعامها، ولجمهور أوسع وطعامه أفضل، وباستخدام عدد أقل من العمال الزراعيين، وعلى أرض أصغر، إضافة إلى أن بريطانيا تصدر الآن ما قيمته ثلاثة بلايين جنيه إسترليني تقريبا من المنتجات الزراعية. كما أن إدخال الجرارات حرر نحو 10 ملايين هكتار كان على العمال الزراعيين أن يزرعوا فيها طعاما لخيولهم. ولا يزال محصول بريطانيا من القمح يزداد بمعدل 2 في المائة في العام.

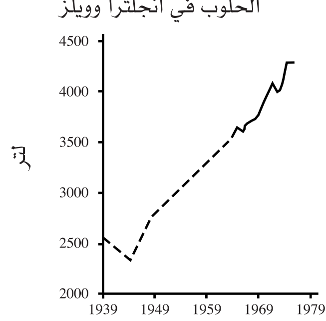
كما تضاعف الآن تقريبا عطاء البقرة اليومي من الحليب، مع أنها ترعى في حقل أصغر من ذلك الذي كانت ترعى فيه جدتها عام 1946. ومع هذا يمكن للإنتاجية أن ترتفع كثيرا أيضا.

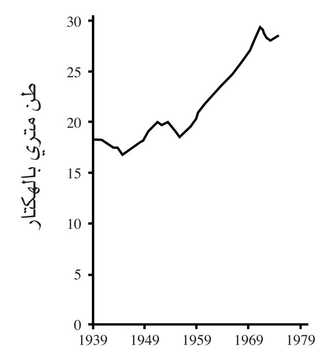
فحتى الآن لا يزال معدل المحاصيل لا يتجاوز نصف تلك التي يجنيها بعض المزارعين الجيدين، مع أن معدلات هؤلاء هي أخفض من المعدلات التي يمكن الحصول عليها في الأعمال التجريبية[6]. وهذه الإنجازات البريطانية هي نموذج معبر عما تنجزه الديمقراطيات الغربية الأخرى.

محاصيل القمح في بريطانيا العظمى
معدلات خمس سنوات




معدل إنتاج الحليب السنوي للبقرة
الحلوب في انجلترا وويلز




1- تزايدات نموذجية في المحاصيل الزراعية البريطانية من 1939 إلى 1979 (المصدر «حقائق وأرقام عن الألبان») من محطة تسويق الحليب، ومن وزارة الزراعة والطعام والأسماك.
Seventh Report of the Royal Commission for Environmental Pollution, Agriculture, and the Environment, Cmd. No. 7644, 1980.

في السنوات العشر التي تلت نهاية الحرب العالمية الثانية بدا وكأن الهند ستفاجأ بكارثة مالتوسية(*5). ولكن حتى الآن لم يحدث ذلك. مع أن عدد سكان الهند ارتفع بين عامي 1945 و1981 من 300 مليون إلى 750 مليونا. كما أن مقدار الحبوب الذي يمكن أن يأكله شخص واحد ارتفع أيضا ارتفاعا مطردا. فالهند تنتج اليوم ما يكفي من الحبوب لإطعام سكانها كلهم، بل ويمكن أيضا أن تُخزن احتياطيات لأيام الجفاف والفياضانات. وقد تمكنت الهند من إرسال الحبوب إلى كمبوديا لإغاثتها من المجاعة التي حلت بها. ولكن إنتاج البروتين أصعب من ذلك، لأنه ظل حتى الآن غير مماثل للزيادة في محاصيل الحبوب والخضراوات، ولم يترافق ارتفاع محاصيل الحبوب مع هذا كله بإفقار التربة بل بتحسينها، لأن تقدم المعرفة حول الإمداد

بالتغذية المتكاملة أبطل مفعول قانون تناقص مردود التربة من الغلة[7].

لماذا نجد إذن أن لدى ملايين الهنود نقصا في التغذية؟ ذلك لأنهم أفقر من أن يشتروا الطعام الذي ينتظرهم. والفقر طبعا لا يمكن إنهاؤه إلا بخلق فرص عمل أكثر ربحا، إلا أن هذا المطلب يتعارض مع الحاجة إلى إنتاجية زراعية أضخم. وهذه أضخم مشكلة تواجه، ليس الهند وحدها، بل إيطاليا أيضا ودولا أخرى في العالم الثالث.

فمعظم المزارع في الهند تقل مساحتها عن نصف هكتار. ولكن تجميعها في وحدات أكبر لجعلها أكثر إنتاجا يؤدي إلى المزيد من عدد العمال الريفيين العاطلين المتدفقين على المدينة.

وهذا ما يجعل وزارة الزراعة تحاول رفع إنتاجية المزارعين الصغار عن طريق برنامج للإرشاد والدعم يشمل البلاد كلها، كأن يزودهم مثلا ببذور بطاطس خالية من الفيروسات وبذور أصناف ذات مردود مرتفع لمنتجات زراعية أخرى.

وغالبا ما يتذرع بعضهم بأن الأصناف ذات المردود العالي هي قليلة الجدوى بالنسبة للبلدان النامية، لأنها تحتاج إلى تربة مسمدة بصورة جيدة، كما أنها معرضة للأوبئة المحلية. وفي واقع الأمر، تعطي هذه الأصناف نسبة من النشا القابل للأكل إلى السليلوز غير القابل للأكل، أفضل من غيرها، حتى في أرض فقيرة التسميد، كما يمكن التغلب على قابليتها للأوبئة المحلية بتهجينها مع السلالات االمحلية المقاومة لهذه الأوبئة.

وماذا عن المستقبل؟ إن المناهج العلمية في الهند وجدت لترفع من إنتاج الطعام ما يكفي لإطعام سكان يتضاعفون في عشرين عاما، ولكن هل ستطبق هذه الطرائق؟ لقد كتب مهندس التخطيط الزراعي الحديث في الهند س.م. سواميناثان Swaminathan: «إن أكثر المهمات استعجالا لتحويل المصادر الزراعية إلى ثروة يفيد منها الشعب، هي تعميم التعاون الاجتماعي، مضافا إليه الجمع الضروري بين الإرادة السياسية والمهارة المهنية». فلقد بيّن سواميناثان أنه لا يمكن رفع إنتاجية الأرض بأي خطة ضخمة مفردة، وإنما بيقظة علمية متفهمة لآلاف التفاصيل المهمة.

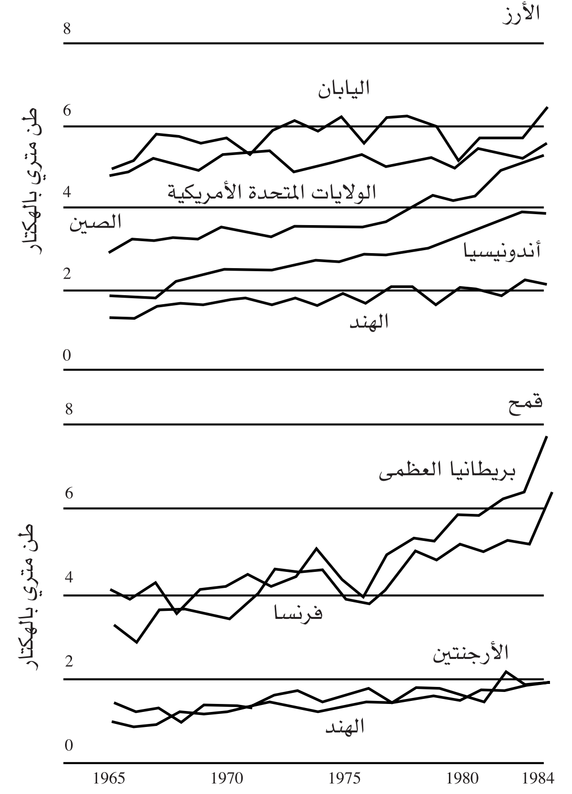
ولكن ارتفاع الإنتاجية الزراعية لا يمكن أن يجاري إلى مالا نهاية النمو الأسي للسكان[8].

## الأرز:

تعيش معظم شعوب شرقي آسيا بصورة أساسية على الأرز، ولقد زرع هناك في وقت مبكر يعود إلى سبعة آلاف عام. كما ظل يزرع كل عام ولقرون عديدة في الحقول نفسها، وقد دلت أبحاث حديثة على أن الذي وقى التربة من الإنهاك هو السراخس والطحالب والجراثيم التي تعيش في حقول الأرز، وهذه تثبت في التربة من الهواء ما يقرب من 30 كيلوغراما من الآزوت في الهكتار الواحد، فيخلف نشاطها سمادا كافيا لكي تغل من 1 إلى 2 طن متري بالهكتار. وقد رفعت أصناف الأرز الجديدة محاصيل اليابان وكوريا وأستراليا وأمريكا إلى ما يقرب من ستة أطنان بالهكتار. حتى أن مزارعا يابانيا مشهورا بمهارته، رفع المحصول إلى 12 طنا بالهكتار. وهذا المحصول الكبير يحتاج طبعا مقدارا فائقا من الآزوت الذي يجب الحصول عليه من الأسمدة الكيماوية (الشكل 2).

كانت المشكلة في أصناف الأرز الوفيرة العطاء هي حساسيتها تجاه الحشرات والأمراض. ولمواجهة هذا التحدي طور المعهد الدولي لأبحاث الأرز في الفلبين صنفا يقاوم أربعة أوبئة حشرية شائعة وخمسة أمراض خطيرة، وكان هذا الصنف قد زرع أصلا في عشرة ملايين هكتار، وهي تمتاز بأنها تنمو في مناخات متعددة، وفي تربة غير ملائمة أيضا. كما تنضج في 110 أيام فحسب، مما يمكّن المزارعين من زراعة ثلاثة مواسم في السنة في الحقول المروية. ويرجع الفضل في وجود هذا الصنف إلى مجموعة المعهد البالغة 70 ألف صنف من بذور الأرز من جميع أنحاء العالم، مما أتاح تركيب العديد من الهجائن المختلفة.

لقد ارتفعت المحاصيل في الفلبين خلال السبعينيات والثمانينيات بنسبة 5 في المئة في السنة، وذلك بفضل أصناف المزروعات الجديدة والعناية العلمية بها وبالتربة. فبدلا من كميات الأرز الضخمة التي كانت تستوردها، تصدر الفلبين اليوم 100 ألف طن كل سنة. كما حققت بلدان أخرى في شرق آسيا زيادات مماثلة وإنما فقط في أراض مروية بصورة اصطناعية. أما في الأراضي المروية بالأمطار فلم يبلغ المحصول طنين بالهكتار إلا بصعوبة، وفي الأراضي المرتفعة بلغ بالكاد طنا واحدا في الهكتار. لذلك تهدف الأبحاث الحالية إلى تطوير أصناف تعطي محصولا ضخما حتى




2- محاصيل الأرز والقمح من 1965 إلى 1984 مقدرة بالطن المتري في بلدان مختلفة. لاحظ الارتفاع الحاد لمحصول القمح الحاد بصورة مذهلة في غربي أوروبا.
Source: Food and Agriculture Organization.

في هذه الظروف غير الملائمة.

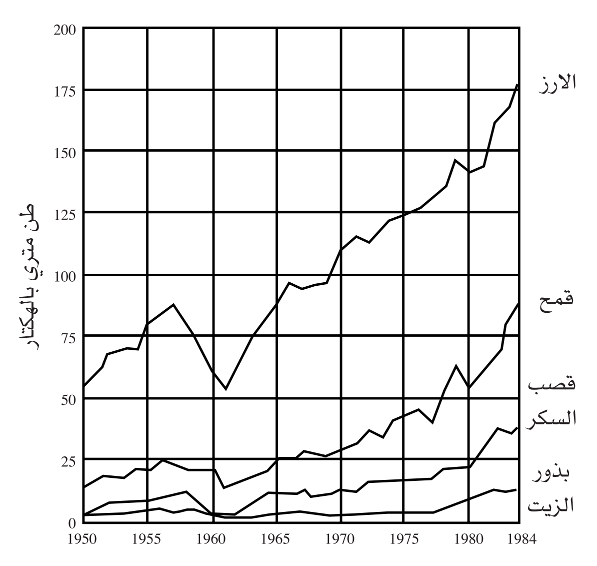
على أن البحث عن أصناف جديدة مقاومة للأمراض ذات غلال وفيرة، لا يمكن أن يتوقف، لأن الطفرات الوراثية تنتج باستمرار، وفي سنوات قليلة، أوبئة وأمراضا جديدة تستطيع أن تتغلب على المقاومة التي تم تحقيقها بعد كد وجهد، ففي هذه المعركة التي لا تنتهي بين الأوبئة والأصناف المطورة حديثا، يجب أن تظل أبحاث الأرز متقدمة دائما خطوة إلى الأمام[9].

## الصين، من المجاعة إلى الوفرة:

لقد شهدت السنوات من 1959 إلى 1961 كارثة مجاعة في الصين، وكان من الممكن الاستفادة من أسبابها في تحذير رؤساء الدول الأخرى لولا أنه

جرى التكتم حولها حتى وقت قريب.

فمن المعروف اليوم أن هذه المجاعة كلفت مالا يقل عن 16 مليون إنسان حياته، بل ربما 30 مليونا. أما الأطفال الذين خلفتهم معاقين جسديا وعقليا فلم يتناولهم العد قط. ولم يكن جدب التربة الناجم عن سنوات الجفاف إلا سببا لجزء صغير فحسب من المجاعة، أما السبب الأكبر فيرجع إلى جدب تفكيرهم «الماركسي». لقد ألغت قفزة ماو التقدمية الكبيرة الأسواق الخاصة لمصلحة العمل الزراعي (الجماعي)، وفرضت على إنتاج الغذاء وتخزينه والمتاجرة به واستهلاكه أن يسير كله وفقا لخطة مركزية موحدة، وكان على المقاطعات أن تكفي نفسها بالغذاء بحيث تقل المتاجرة به ما أمكن. ولما كان مطلوبا من كل مسؤول رسمي أن يرفع تقريرا بأن حصته من الخطة المركزية قد أنجزت، فقد أظهر مجموع التقارير كلها أن محصول الحبوب قد تضاعف تقريبا من 1957 إلى 1958 (من 195 مليون طن إلى 375)، فقررت الحكومة على الفور تخفيض إنتاج الحبوب في عام 1959 بنسبة خمسة في المئة لكي تستغل قطعا من الأراضي في إنتاج بعض المواد الخام الصناعية. فأجمعت التقارير كلها من جديد على أن محصول الحبوب قد بلغ 375 مليون طن، أي

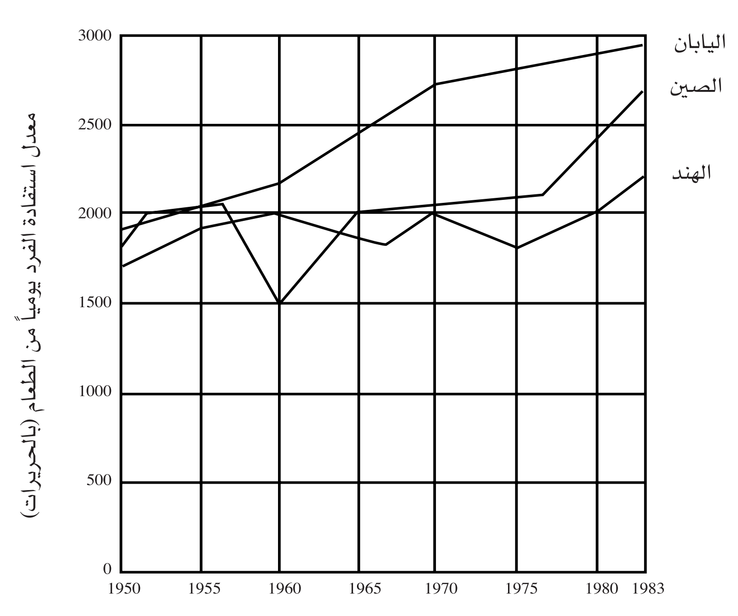



3- محاصيل الصين من 1950 ـ 1984. لقد رافق قفزة ماو التقدمية الكبيرة كارثة في هبوط المحاصيل بين عامي 1957 و1961، أما ارتفاعها الحاد فهو ناجم جزئيا عن الثورة الخضراء والجزء الآخر ناجم عن العودة إلى المؤسسات الخاصة.

Source: Vaclav Smil, “China‘s Food,” Scientific American 253 (December 1985): 104.

بالضبط كما هو مخطط. وفي خريف 1958 قام عضوان من المكتب السياسي فعلا برحلة إلى مقاطعتين صينيتين واكتشفا أن المحصول كان أخفض مما جاء في التقرير. ولكن هذا الاكتشاف كلفهما وظيفتيهما. ولم تسلّم السلطات بأن المحصول الحقيقي في عام 1957 كان قد بلغ 170 مليون طن فقط، وأنه انخفض إلى 143 مليون طن في عام 1960 (الشكل 3) إلا بعد موت ماو.

وفي الريف أشرف الناس على الهلاك لأن الطعام القليل الذي كان لديهم أخذ منهم لإطعام المدن. وبعد عام 1960 بدأت الصين باستيراد الحبوب، وأخذت تدفع للمزارعين أثمانا أفضل، الأمر الذي أعطاهم حافزا لرفع محاصيلهم، ولكن إنتاج الحبوب للشخص الواحد من مجموع السكان ظل حتى عام 1978 ليس أكثر مما كان عليه عام 1952. وبعد موت ماو أدت توليفة من الزراعة العملية والإصلاح السياسي إلى إعادة تسوية الأمور بسرعة، فارتفع محصول الحبوب سنويا بنسبة 7 في المئة (فعلا هذه المرة!).




4- معدل الغذاء المتاح للفرد مقدرا بالحريرات في ثلاثة بلدان آسيوية بين عامي 1950 و1983. إن الارتفاع الحاد في الصين والهند بعد عام 1975 ناجم إلى حد بعيد عن الثورة الخضراء. أما ارتفاعه في اليابان فهو ناجم بالدرجة الأولى عن ارتفاع مستوى المعيشة. (المصدر السابق للشكل 3 نفسه).

كما ارتفعت الإنتاجية لكل عامل زراعي بنسبة 12 في المئة، فأصبح الآن جمهور الصين الهائل أقدر على إطعام نفسه مما سبق (الشكل 4). ومع ذلك ثمة مشكلة وهي أن الصين فقدت في السنوات الثلاثين الماضية عُشر أراضيها الزراعية بسبب أعمال البناء والتعرية والزحف الصحراوي، ونتيجة لذلك تقلصت المساحة القابلة للزراعة لكل شخص من السكان، حتى الآن، إلى عُشر الهكتار، وفقدت منطقة «سيكوان» ثلث غاباتها ومنطقة «يونّان» نصف غاباتها تقريبا. ولايزال المخططون المركزيون في الصين حتى الآن يولون قليلا من الأهمية للمستقبل[10].

## ركود في أفريقيا:

لماذا لم يتكرر نجاح ثورة آسيا الخضراء في أفريقيا (الجدول 1)، ولماذا يعاني الكثير من سكان هذه القارة من نقص التغذية والمجاعة؟ لقد لخصت منظمة التغذية والزراعة (فاو FAO) التابعة للأمم المتحدة هذه الأسباب بالآتي:

ـ سياسة الحكومات: وهي بوجه عام معادية للزراعة. فمثلا إذا أنتج المزارعون غذاء يزيد على ما يحتاجون إليه، أجبرتهم حكومتهم على بيعه لها بأسعار تقل عن تكلفة إنتاجه. وفي حين أن حكومات أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية تقدم مساعدات لمزارعيها، تتخذ الحكومات الأفريقية من الزراعة مصدرا للضرائب، الأمر الذي يعمل على تجريد المزارعين من أملاكهم.

ـ تزايد السكان بسرعة.

ـ تباطؤ الزراعة في أراض جديدة (مستصلحة).

ـ التخلف التقني الذي يثبت مستوى الإنتاجية أو حتى يخفضه.

ـ ازدياد التصحر وإنهاك التربة وتزايد ملوحتها.

ـ التنميات الاقتصادية العالمية تجعل من العسير أكثر فأكثر على الحكومات الأفريقية أن توازن ميزانيتها.

ثمة دول أفريقية عديدة توفر لها الزراعة أكثر من نصف إنتاجها ووظائفها، ولكن ما تنفقه حكوماتها على الزراعة أقل من عشر دخلها، كما لا يتلقى الفلاحون أي دعم لزيادة الغذاء لمصلحة الأسواق الوطنية، هذا

عدا أن أثمان محاصيلهم ينافسها رخص المواد المستوردة، التي تسمح باستيرادها الحكومات العديدة غير المستقرة، تلبية لطلبات سكان المدن من أجل مواد غذائية رخيصة. أما البحث والسماد، إذا كانا متاحين، فهما مخصصان لمحاصيل التصدير، مما يؤدي إلى انعدام الدافع عند الفلاحين لإنتاج مزيد من الغذاء يفيض عما يحتاجون إليه لمعيشتهم. في عام 1985 صدم العالم بمجاعة أثيوبيا، ولكن ثمة بلدانا أفريقية عديدة على وشك أن تحل بها مجاعة أشد قسوة، لأن سكانها يتزايدون بنسبة 3 إلى 4 في المائة سنويا، في حين أن زراعتها تراوح مكانها، كما أن إيراداتها من النقد الأجنبي لا تكفي لاستيراد غذاء كاف لشعبها، ولو ظلت التنمية في هذه البلدان من دون مراقبة أو تدقيق، لتجاوز العجز الزراعي، وبخاصة في البلدان الواقعة جنوب الصحراء الكبرى، كلّ ما يمكن تغطيته بموارد تجارية أو أجنبية. وتقدر منظمة الفاو FAO أنه لو ظلت الأسعار على حالها حتى عام 2010، لكلفت استيرادات أفريقيا في ذلك العام 2,2 بليون دولار. في حين أن الصادرات الزراعية لهذه القارة ستنتج على الأكثر 1,4 بليون دولار، وسيصل العجز السنوي في الحبوب وحدها إلى 100 مليون طن متري، يقابلها حاليا فائض سنوي عالمي قدره نحو 12 مليون طن (الشكل 5).

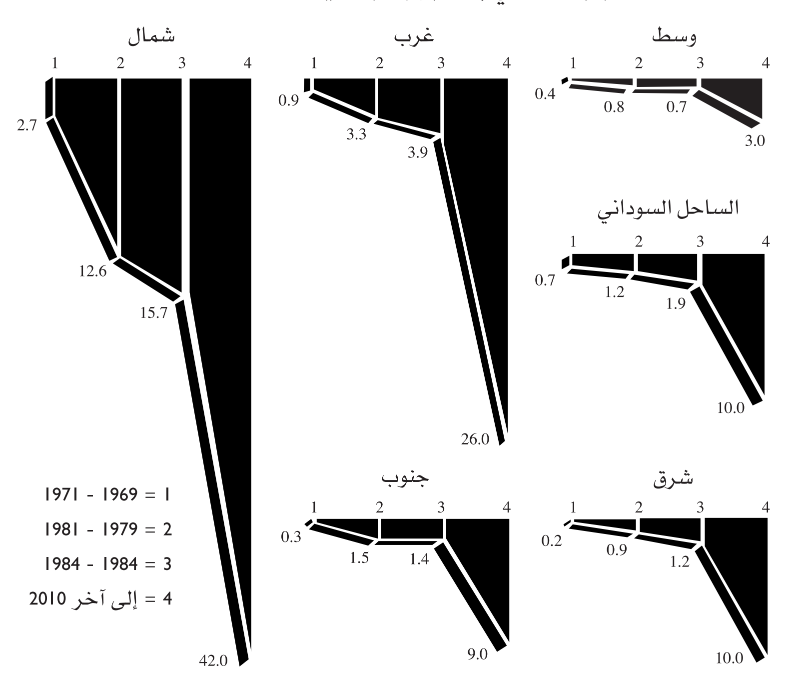
كثيرا ما زُعم أن التربة الأفريقية أصبحت مجدبة جدا بالنسبة لكثير من المحاصيل، ولكن منظمة الفاو أثبتت أن هذا الادعاء لا ينطبق إلا على

**الجدول 1 – تغيرات إنتاج القمح في بلدان آسيوية وأفريقية مختارة (1971–1984)**

| البلد | وسطي النسبة المئوية للتغير في السنة |
|---|---|
| إندونيسيا | 5,2 |
| كوريا | 5,0 |
| باكستان | 4,3 |
| غامبيا | 0,3- |
| زامبيا | 2,2- |
| غانا | 2,4- |

المصدر: African Agriculture: The Next Twenty - five Years (Rome: Food and Agriculture Organization, 1986)

عدد قليل من البلدان، حيث التربة جافة جدا ولا يمكن ريها. أما في معظم البلدان، فيمكن مضاعفة الإنتاج الزراعي بتطبيق التقنيات المتوافرة فيما لو وجدت الإرادة والدافع، وتوافر قبل كل شيء البحث الضروري الملائم. ولقد أثبتت الفاو إمكان القيام بمثل هذه التحسينات عن طريق سلسلة من المشاريع الناجحة. ولكن وضعها موضع التطبيق يتطلب تغييرات جذرية في سياسة البلدان الاقتصادية، كما لا يمكن إنجازها من دون مساعدة خارجية ليس للقيام بمشاريع هائلة، كسد أسوان، وإنما للقيام بمشاريع ري محلية ولتحسين البذور والتربة ولوقف التصحر، ولمراقبة الأوبئة مراقبة محكمة يقوم بها المزارعون المحليون ويدعمها بحث ميداني فوري. فالبلدان الأفريقية تحتاج إلى أصناف من القمح تكون مقاومة للحرارة والملوحة والجفاف،




5- عجز أفريقيا بالحبوب من 1969 ـ 1971 إلى عام 2010.

Source: African Agriculture: The Next Twenty-five Years (Rome: Food and Agriculture Organization, 1986).

وإلى أصناف من الأرز تنضج بسرعة في المناطق المرتفعة، وإلى أرز مقاوم للألمنيوم، وإلى حبوب مقاومة الأوبئة المنتشرة في مناطق مختلفة، وتلح منظمة الفاو على أن هذه المسائل لا يمكن حلها إلا عن طريق معاهدة محلية للبحث تكون مدعومة دعما جيدا ومزودة باختصاصيين أكفاء، ولكن المتوافر من هذه المعاهد قليل، لأن الدول الأفريقية كانت لا مبالية تجاه هذه الاحتياجات[11].

**العجز الصافي في الحبوب (بملايين الأطنان)**

ومنذ خمسين عاما كان يعيش في أثيوبيا نحو 9,5 مليون نسمة فقط، وكان نصف أراضيها مغطى بالغابات. وفي مطلع الثمانينيات كان عدد السكان قد ارتفع فيها إلى 42 مليونا، ولم يسلم من غاباتها سوى الثلث، وتعرّت التربة نتيجة لقطع الأشجار، وأخذت البيئة بالتحول، وازداد التصحر اتساعا، ثم أتت فترة جفاف طويلة زادت من حدة هذه الأضرارالتي أحدثها الإنسان، وهذه كانت أسباب المجاعة العظيمة الحديثة العهد، ومع ذلك يبدو أنه كان بالإمكان تجنبها. وفي بداية الثمانينيات قامت لجنة دولية مؤلفة بصورة مشتركة من قبل وكالتين من الأمم المتحدة والحكومة الآثيوبية بدراسة مفصلة لزراعة البلاد، فأفادت هذه اللجنة بأن الإنتاج الزراعي كان ينخفض بنسبة 5٪ في السنة حتى قبل فترة الجفاف الطويلة، وأن الإنتاجية والموارد الريفية صارت أخفض من أن تمول تنمية الاقتصاد الزراعي والعام. فنصحت اللجنة باستخدام عمال زراعيين إضافيين لزيادة الأراضي المحروثة وزيادة إنتاجها بالاعتماد على زراعات مروية محلية صغيرة، وبتحسين الأدوات الزراعية، وبإنشاء صناعات محلية صغيرة بهدف معالجة المنتجات الزراعية وإنتاج بضائع استهلاكية، ثم قدمت بعدئذ اقتراحا بألا تنضم هذه المشاريع إلى تجمعات عليها أن تسلّم جميع منتجاتها للدولة، بل بأن تنتظم في تعاونيات محلية تستثمر عائداتها لمصلحة عمالها.

فقد كتبت اللجنة:

«يجب أن تولى عناية كافية لتوجيه التعاون ليخدم مصلحة الفلاحين المادية، ولكن يجب بوجه خاص تجنب أمرين خطيرين:

أولهما: أنه يجب عدم اللجوء إلى القوة لتشكيل التعاونيات، لأن القوة لا

تؤدي إلا إلى المقاومة، ولن تقود إلى التجمع والتكتل.

وثانيهما: يجب ألا تستولي الدولة على الموارد التي حققتها التعاونيات في صورة ضرائب عالية أو بتسليم الحبوب إليها إلزاميا مقابل أسعار ثابتة منخفضة.

إن استثمارات أثيوبيا كانت لفترة طويلة، منخفضة باستمرار في مجال البنية التحتية الريفية - كالطرقات والطاقة والري والتخزين ومنشآت التصنيع - وفي مجال الصحة والتربية والتعليم وتدريب سكان الريف. لذا يجب تشجيع الاستثمارات لتوسع أنشطتها لتشمل الصحة والتغذية وتنظيم الأسرة والعناية بالأطفال».

وقد رفضت الحكومة الأثيوبية هذه التوصيات، حتى أنها نجحت في منع وكالات الأمم المتحدة صاحبة الاقتراح، من نشر تقرير اللجنة. (ولكن لحسن الحظ أنها لم تحل بعد سنتين دون نشر ملخص عن التقرير في صحيفة إنجليزية هي الجارديان)[12]. والأسباب التي دفعت هذه الحكومة إلى رفض تلك التوصيات تكمن في معتقداتها الماركسية التي تقول «إن التصنيع هو المرحلة الأولى نحو النمو الاقتصادي، وأنه يجب الحد من الرأسمالية بتنظيم الزراعة في تعاونيات تدار على نمط المصانع». ومن الناحية السياسية، يصعب الاهتمام ببؤس أهل الريف مادام مؤيدو الحكومة في المدن راضين بحصولهم على طعام رخيص الثمن. إن مثل هذه المواقف التي تتخذها دكتاتوريات اليسار واليمين، تعارض أيضا الإصلاحيات التي تقترحها الفاو في بلدان أفريقية أخرى.

ولقد أثبت اقتصاديو البنك الدولي أن تزايد الإنتاج الزراعي هو المرحلة الأولى نحو التصنيع والنمو الاقتصادي، خلافا لتعاليم ماركس. ويستشهدون على ذلك بخبرة سنوات عدة تثبت أن الازدهار الزراعي أساسي للتطور الوطني، وأن فرض الضرائب على الزراعة لأمد طويل في سبيل فرض التصنيع، يلحق الضرر بالاثنين معا. فالأقطار ذات التطور الزراعي الواسع، تتمتع أيضا بتطور صناعي عظيم، مع استثناء تلك المصدرة للنفط والمعادن، ففي إنجلترا واليابان، أتى التطور الزراعي قبل التصنيع، لأنه وفر رأس المال اللازم وزيادة في الطلب على السلع الاستهلاكية.

إني آسف إذ أشير إلى أن منشورات الفاو تموه على أكثر المسائل الأفريقية

خطورة، مثال ذلك الانفجار السكاني الذي يهدد بمضاعفة عدد السكان في عدة أقطار خلال مدة تكاد لا تزيد على عشرين عاما (وفي كينيا 18 عاما)[13]، كما أني لم أسمع قط عن أي إجراء اتخذ من قبل الأقطار الأفريقية نفسها لوقف هذا الانفجار، وما لم يهلك القسم الأعظم من السكان بانتشار وباء الإيدز السريع (إذ يحمل عشر السكان في زائير هذا الڤيروس)، فسيؤدي هذا الوضع السيئ إلى مجاعات مدمرة.

وكثيرا ما كانت تحدث في أوروبا مجاعات في الأزمنة الغابرة. ثم في العهود المتأخرة صار يعلن سنويا تقريبا عن مجاعة في بقعة ما من العالم. ففي الهند مثلا، مات أكثر من عشرة ملايين إنسان من الجوع خلال سبعينيات القرن الثامن عشر وستينيات القرن التاسع عشر. وفي الصين مات عدد مماثل في سبعينيات القرن الماضي. وقد حدث في العالم منذ عام 1940 ما يقرب من اثنتي عشرة مجاعة، ولكن معظمها كان أقل انتشارا من تلك التي حدثت في القرون السابقة، وقد حدث العديد منها بسبب الحروب. ثم صار باستطاعة أي بلد أن يستورد الحبوب بصورة طارئة عاجلة بفضل تطور تجارة الحبوب العالمية، لأن هذه البلدان لديها وسائل أفضل لنقلها إلى المناطق الجائعة، أما في الأزمنة السابقة فلم يكن للمساعدة الدولية وجود قياسا بالمستوى الحالي. ومع ذلك يقدر البنك الدولي أن عدد سيئي التغذية إجمالا يتراوح بين 340 و730 مليونا بعد استثناء الصين. ويأخذ البنك الدولي بوجهة النظر القائلة إن نقص التغذية بوجه عام غير ناتج من نقص الغذاء بقدر ما هو ناتج من الفقر ومن سوء توزيع الدخل، وأفضل علاج له هو التنمية الاقتصادية.

## البحث والمزارع الصغير:

إن أكثر من تسعين في المائة من زراعة العالم هي في أيدي مزارعين صغار يُزعم غالبا أنهم لم يستفيدوا من الثورة الخضراء. ولكن الأمل الوحيد لرفع المنتجات الزراعية، لكي تسير جنبا إلى جنب مع النمو السكاني، هو رفع إنتاجية المزارعين الصغار. وقد دلّت التجربة على أن هذه الوسيلة أفضل طريقة للنمو. لذلك حاول المصرف الدولي ابتكار نظام يعهد بمشكلات المزارعين الصغار الفرديين إلى معهد البحث، ثم يعيد النتائج إلى المزارعين

أنفسهم. وقد نشأ هذا النظام عن الخبرة الزراعية على النمط الأوروبي. ولكن ثبت أن هذا النمط لا يمكن اتباعه في البلدان النامية، إذ لم يساعد على تبادل المعلومات بين المزارعين في الريف ومعاهد البحث في المدينة. فالمعلومات لم تكن تسير إلا من المعاهد إلى المزارع، أما مشكلات المزارع فلم تكن تعاد إلى المعاهد التي كانت تجعل المحاصيل مثالية وفي ظروف اصطناعية خاصة بها، ولا تتجشم حتى عناء اكتشاف السبب في أن المزارعين الصغار فشلوا في محاكاة نجاح هذه المعاهد.

وفي عام 1977 أعد البنك الدولي مشروعات للتدريب والزيارات. وقد جرب هذا المشروع لأول مرة في تركيا، وبعدها أدخل إلى عدة مقاطعات في الهند.

ويقوم المشروع على تعاون وثيق بين الأسر العاملة في الزراعة وعمال التوسيع الزراعي والعلماء والإداريين. ويهدف هذا المشروع إلى إتاحة الفرصة للمزارعين للحصول على استشارات واضحة وقابلة للتطبيق، وذلك بمزج المعرفة التقليدية بالمعرفة العلمية. ويأتي في أسفل سلم العاملين في هذا المشروع (عامل توسيع القرية)[*6]، الذي يترتب عليه زيارة مزارعي اتصال منتقين مرة على الأقل كل أسبوعين، ليزودهم بثلاث أو أربع توجيهات تناسب عملهم خلال الأسبوعين التاليين. وعلى مزارعي الاتصال عندئذ نقل هذه التوجيهات إلى الآخرين، بحيث تصل التوجيهات التي يحملها عامل التوسيع الواحد إلى ما يتراوح بين 500 و 1200 أسرة عاملة في الزراعة.

وفي كل فترة تمتد أسبوعين، يقضي عامل التوسيع ثمانية أيام في مثل هذه الزيارات، ويوما واحدا في دورة تعليمية بإشراف أحد المختصين، فيدرس هذا الأخير المشكلات التي يواجهها المزارعون ويعرض الحلول التي يرتئيها لهذه المشكلات، والتي يتعين على عمال التوسيع تعميمها خلال الأسبوعين التاليين على المزارعين.

وللمختص برنامج موزع بالتساوي، فهو يقسم وقته بين دورات التعليم والبحث والعمل في الحقل. ومن المختص يعيدنا منحى التوجيه والقيادة إلى الإداريين ومعاهد البحث.

قد تبدو هذه المراتبية عسكرية في صرامتها، ولكن يبدو أنها ضرورية

لقيام تعاون فعّال في هذا المجال. كما أن الاستشارات التي تقدم في هذا المضمار تهدف إلى إدخال طرق رخيصة تقوم على البحث العلمي الذي يقبل التطبيق على مزارع من أي حجم كان، ويرفع ـ كما يؤمل منه ـ إيرادات هذه المزارع إلى أكثر مما تبلغه بالطرق التقليدية وحدها، إذ إن الغرض من هذا كله إيجاد بذور محسنة، وتحكم أفضل في الأوبئة والأعشاب الضارة، وحسن إدارة شؤون المياه، على أن يكون كل شيء متكيفا مع النظام الزراعي المحلي. ففي إحدى المقاطعات الهندية مثلا، تدنت محاصيل القمح على الرغم من التسميد والسقاية الأمثلين، وقد وجد أن سبب التدني هو نقص التوتياء (الزنك) في التربة، الأمر الذي أمكن معالجته بيسر، وكانت هذه مشكلة سهلة، ولكن يمكن لمشكلات أخرى أن تكون أصعب حلا بكثير فتحتاج إلى صبر وبحث مخلص من الدرجة الأولى.

ويبدو أن نواحي الضعف في هذه الخطة العالية التنظيم ترجع إلى الإنسان أكثر مما ترجع إلى الإخفاق العلمي. فالعلماء في معاهد الأبحاث يودون القيام بأبحاث أساسية يمكن نشر نتائجها، الأمر الذي تعتمد عليه ترقياتهم العلمية، ولكن ليس لمثل هذه الأبحاث عموما أهداف عملية (مباشرة). ثم إن العلماء يتلقون مرتبات أعلى، وينتمون إلى طبقة اجتماعية أعلى من طبقة عمال توسيع القرى، وهؤلاء بدورهم يتعالون على المزارعين ويقومون بإلقاء المحاضرات عليهم بدلا من الإصغاء إلى مشكلاتهم. ومشكلة التعالي الطبقي هذه يمكن في بعض الأحيان معالجتها بأن ينتخب المزارعون واحدا منهم ليكون عامل توسيع، وبأن يسهموا أيضا في تسديد أجره.

ويبدو أن هذا المشروع المخصص للتدريب والزيارات هو الأكثر فعالية، على الرغم من نواحي ضعفه، إضافة إلى أنه وضع لرفع محاصيل صغار المزارعين وإيراداتهم. وكانت الحكومة الإندونيسية سريعة في إدراك ذلك، فاستخدمت 15 ألف عامل توسيع قرية حتى عام 1983، وبخاصة لتحسين محاصيل الأرز. وفي تايلند نصح المزارعون بزراعة المنيهوت[*7]، إضافة إلى الأرز، فاكتشفوا فورا أنهم كسبوا الكثير بعملهم هذا، ولاسيما أن الحكومة زودتهم ببذور مجانية وسماد. فقد ارتفع إنتاج المنيهوت السنوي من مليون طن إلى 12 مليون طن خلال سبعة أعوام. كما ساعد هذا النظام ما يقرب من 100 ألف مزارع في فولتا العليا (بوركينا فاسو حاليا)، على تحسين

محاصيلهم من القطن والغذاء مما يكفي لشراء بذور أفضل ومزيد من السماد، وهو مطبق أيضا بنجاح في الهند وبنغلادش وباكستان ونيبال وسريلانكا وجزر الفلبين وفي عدة دول أفريقية، ولكن تبين أن الحكومات الأفريقية لم تسلم البذور إلا بعد مرور فصل البذار[14].

**الأسمدة:**

لقد ازداد في السنوات الخمسين الماضية استعمال السماد الفوسفاتي في بريطانيا إلى ثلاثة أضعاف، والبوتاسيوم إلى عشرة أضعاف، والآزوتي إلى ثلاثين ضعفا، ويرتفع استهلاك العالم من الفوسفات بمعدل 6 في المئة سنويا. ولكن لا يخشى من نفاده نظرا لوجود أقطار عدة تمتلك احتياطيات هائلة من الصخور الفوسفاتية، وأغناها تلك الموجودة في المغرب العربي[15]. وتصنع الأسمدة الآزوتية من الهواء وغاز الميتان الذي يوفر الهيدروجين والطاقة اللازمة لتحويل الآزوت إلى أمونيا. كما أن احتياطيات البوتاسيوم وافرة أيضا. إذن لا يخشى من أن تصبح الأسمدة نادرة مادامت لدينا طاقة كافية. وفي السبعينات استعملت الدول المتطورة ما يقرب من 3 في المئة من استهلاكها من الطاقة الأحفورية في مجال الزراعة، وما يقرب من 0,7 في المئة للأسمدة الآزوتية التي تكلف صناعتها 10 مليارات دولار.

وأصبحت الطاقة المستهلكة لأغراض نقل الغذاء وتصنيعه وتوزيعه وتبريده، أكبر بأربع مرات (12 في المئة). أما في البلدان النامية فتحتاج الأسمدة الآزوتية إلى جزء أكبر بكثير من الطاقة الكلية المستهلكة عندها، كما يوجد نقص كذلك في الطاقة اللازمة للطبخ.

ما الأخطار الناجمة عن الإنتاجية الزراعية المتزايدة؟ كنت أعتقد عندما شرعت بكتابة هذا المقال أنها لم تكن تحققت إلا على حساب إلحاق الضرر بالبيئة لتلوثها بالكيماويات الزراعية. لذلك تفحصت الدليل العلمي، ولاسيما ذلك الذي جمعته لجنة التلوث البيئي الملكية البريطانية. وكانت هذه اللجنة مؤلفة من خمسة علماء وطبيبين ومهندس وسبعة أعضاء غير متخصصين، ومن بينهم عضو في النقابة التجارية. ولم يكن لدى أي منهم اهتمامات ثابتة بالزراعة أو بالكيماويات الزراعية[16]. وإليكم ما تعلمته من تقاريرها ومن مصادر أخرى.

إن البوتاسيوم والفوسفات غير مؤذيين للإنسان، لكن الأخير مؤذ أحيانا للبيئة. إذ يعتقد أن الجداول المائية الفوسفاتية كانت قد قضت على الحياة في البحيرات الكبرى لأنها تساعد على نمو طحالب حجبت الضوء وسببت تغييرات واسعة في نسبة الأكسجين المنحل في المياه. وهكذا لم يعد باستطاعة اللافقاريات ـ وهي في بداية السلسلة الغذائية ـ أن تعيش فيها. الأمر الذي أدى إلى فناء أشكال الحياة الأخرى.

كما يمكن لاستعمال الآزوت (النتروجين) بكثافة أن يرفع تركيز النترات في مياه الشرب فوق حد الأمان البالغ 50 مليغراما في اللتر، وهو الحد الذي أوصت به منظمة الصحة العالمية التي حذرت من أن ارتفاع معدله يمكن أن يؤدي إلى تزايد ظهور أحد أمراض الدم المعروف باسم ميتهيموغلونيميا الطفولي، وكذلك تزايد إمكان ظهور سرطانات الجهاز الهضمي عند البالغين. والحقيقة أننا ظللنا نشرب ولسنوات عديدة مياها تحوي من 50 إلى 100 مليغرام نترات في اللتر. كما أن نسبة النترات ارتفعت إلى ما يقرب من 100 ملغرام في اللتر في بعض المناطق في بريطانيا. ولكن لا يوجد حتى الآن دليل على ارتفاع حوادث الإصابة بأي سرطان في هذه المناطق.

وقد يجادل بعضهم بأنه قد يلزم انقضاء عشرين سنة قبل أن يظهر ارتفاع في نسبة حدوث السرطان. ولكن نسب النترات ظلت ترتفع في الحقيقة في هذه المناطق لسنوات عديدة، في حين أن تواتر حدوث سرطان المعدة قد تناقص، لكن الأوضاع تخضع للمراقبة. فإذا ارتفعت نسبة النترات أي ارتفاع، عندئذ تنصح اللجنة الملكية بإزالة النترات من ماء الشرب بدلا من الحد من استعمال الأسمدة.

ولتجنب هذه الأخطار يطلب إلينا بعض أصدقاء الطبيعة استعمال السماد الحيواني بدلا من السماد الكيماوي (إذ يعتقدون أن مثل هذا الطعام العضوي سيكون أسلم صحيا). ولكن لا يوجد دليل علمي على أن السماد العضوي أسلم من الأمونيا. ثم إن كمية السماد العضوي والنفايات العضوية الأخرى المتاحة في بريطانيا لا تكفي للحفاظ على مستوى الإنتاج الزراعي. لذا يحاول العلماء بدلا من ذلك أن يوسعوا صنف النباتات القادرة على تثبيت الآزوت في الهواء.

فبعض الخضار، مثل حبوب الصويا، لا تتطلب أسمدة آزوتية، لأن عقد بذورها تحوي بكتريا تثبت الآزوت من الهواء، ويصدق ذلك أيضا على بعض أصناف قصب السكر.

ففي البرازيل يزرع قصب السكر بكثرة هائلة لإنتاج الكحول الذي يستخدم وقودا هناك. فحتى عام 1985 ارتفع إنتاج الكحول إلى 200 مليون لتر، ومنذئذ صممت جميع السيارات الجديدة تقريبا لكي تستعمل الكحول بدلا من البنزين بنسبة 95 بالمئة. ولقد أدى الانتقاء (الاصطفاء) والتلقيح ببكتيريا مثبتة للآزوت إلى إنتاج قصب سكر يأخذ من الهواء نصف حاجته من الآزوت للنمو، الأمر الذي عدل ميزان الطاقة لمصلحة الإنسان (أو بعبارة أخرى، تم كسب حريرات على شكل سكر أكثر مما كان قد وظف على شكل جهد وأسمدة)(17).

وهذا نجاح مشهود، بل ربما أمكن رفع جزء الآزوت، المثبت بصورة طبيعية، أكثر من ذلك أيضا. ففي الشرق الأقصى يحاول العلماء إدخال تحسينات على تكافل يرجع إلى قرون عديدة بين الأرز والسرخس أزولا Azolla والبكتيريا أنابانيا Anabaena، التي تنمو على سطح حقول الأرز وعيدانه وتثبت الآزوت في الهواء، وقد ظلت محطات إكثار المزروعات في بلدان عدة تحاول، وعلى مدى سنوات، استنبات قمح أو ذرة بيضاء أو دخن(*8) يمكن لها أن تتكافل مع بكتيريا مثبتة للآزوت. ولقد كانت نتائج هذه المحاولات حتى الآن واعدة.

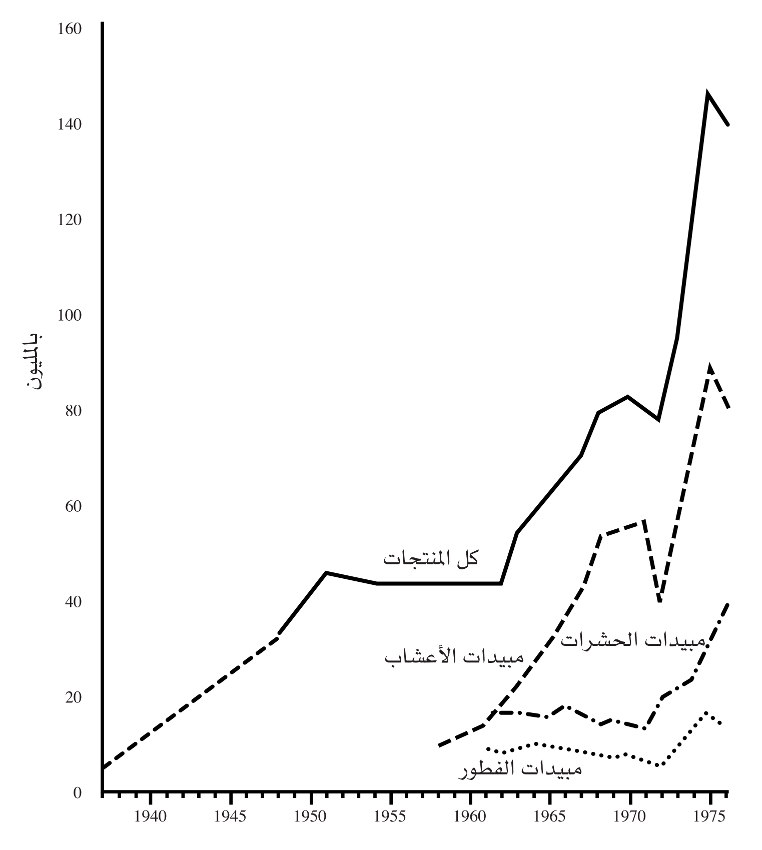
## المبيدات:

تصاب الغلال بفيروسات تحملها الحشرات، وبالفطور والديدان. وعلى النباتات ذات الغلال أن تتنافس مع الأعشاب الضارة وأن تتجنب أذى الحشرات وآكلات النبات. وفي الزراعة الحديثة، تبقى هذه الأوبئة ملجمة بالكيماويات التي هي، مثلها مثل الأسمدة، حيوية بالنسبة للحفاظ على غلال وافرة. ولكن الاثنين معا يشغلان بال المزارعين بدرجة واحدة.

وقد اكتسبت مبيدات الحشرات سمعة سيئة لأن المبيد الحشري DDT المتجمع في بعض سلاسل الغذاء، أدى إلى تناقص جماعات كثيرة من الطيور البرية وإلى قتل بعض الكائنات الأخرى، كما صار المبيد DDT ملوثا

مستديما لبيئتنا. ومع ذلك، فإن المبيد DDT ليس أكثر سمية للإنسان من الأسبرين، فهو لم يقتل الناس إلا عندما أكلوا منه خطأ بدلا من الطحين. وهو لم يحم الغلال من الإصابات الفيروسية فحسب، بل محا الطاعون والتيفوس من معظم أرجاء المعمورة كما محا الملاريا من جزء كبير منها (الشكل 6).

وكانت الملاريا مرضا مستوطنا في أجزاء عديدة من إيطاليا، وفي الحرب العالمية الثانية ازداد حدوثها ازديادا مدمرا بحيث سجلت 400 ألف إصابة

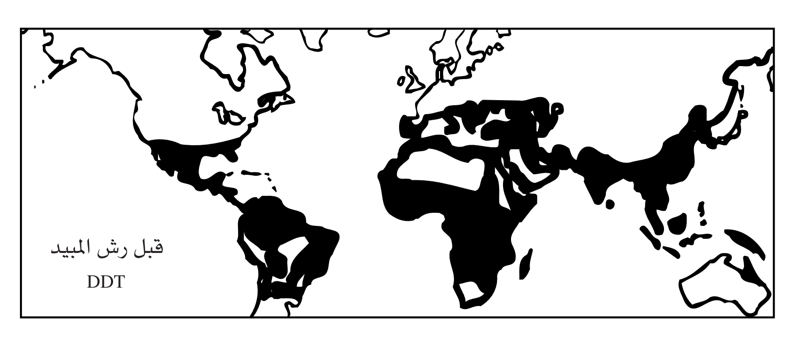



6- استهلاك المبيدات ومبيدات الأعشاب الضارة في بريطانيا العظمى 1937 ـ 1976.

Source: Seventh, Report of the Royal Commission for Environmental Pollution, Agriculture, and the Environment (Her Majesty's Stationery Office, Cmd. No. 7644, 1980).

في السنة خلال الفترة 1946 ـ 1947، مع نسبة وفيات تجاوزت الـ 40 من كل 1000 شخص معرض للخطر. ولكن لم يبلغ عن أي إصابة بجرثومة الملاريا بين أهالي إيطاليا بعد حملة المبيد DDT منذ عام 1952. وفي عام 1946 كانت توجد في سريلانكا 2,8 مليون إصابة. ولكن لم يبلغ بعد حملة رش المبيدDDT إلا عن 100 حالة في عام 1961, و150 حالة في 1964. وفي هذه السنة الأخيرة توقف الرش، فوجدت بعد أربع سنوات 440644 حالة، ثم ارتفع هذا العدد إلى 1,5 مليون حالة في عام 1970. وهذا الشيء نفسه تقريبا حدث بدرجة أكبر في الهند. فلو أن هذه البلدان واظبت على الرش كما فعلت إيطاليا لأنقذت نفسها من الملاريا. ولكنها فقدت فرصتها كما اتضح، فقد أصبح البعوض الحامل للملاريا بعد ذلك مقاوما للمبيد DDT ولمعظم المبيدات الحشرية الأخرى.

فعلى أنصار البيئة الذين يشجبون استخدام مبيدات الأوبئة أن يوازنوا







7- التخلص من الملاريا برش المبيد DDT.

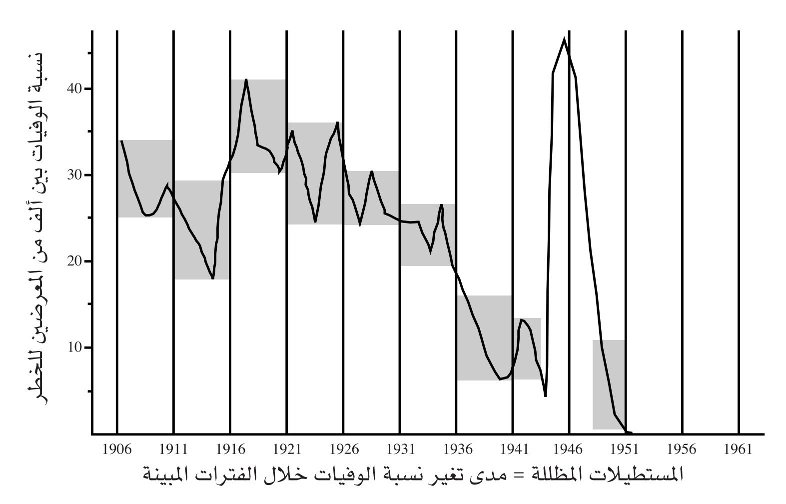
Source: M. W. Service, “Control of Malaria,” in Ecological Effects of Pesticides, eds. F. R. Perring and Kenneth Mellanby (New York: Academic Press, 1977).

بين هذه الأرقام وتناقص سماكة قشرة بيض الطيور البرية. بل نرجح أن المبيد DDT قد أنقذ حياة أناس أكثر مما فعلت المضادات الحيوية مجتمعة (الشكل 8)[18]. وكان هناك خوف من أن يصبح المبيد DDT في المحيطات متركزا في العوالق النباتية التي تتوقف عليها سلسلة الغذاء. ولكن تركيزه في واقع الأمر لم يصل أبدا إلى واحد من ألف من مستوى الخطر، ثم إنه هبط في السنوات الأخيرة[19]. ويظل المبيد DDT أرخص مبيد أوبئة يستخدم لمقاومة الملاريا. ولكن لا ينصح به اليوم رسميا كمبيد حشري زراعي، وكذلك الأمر بالنسبة إلى مركبات الكلور العضوية الأخرى، ولم يعد يصنع في بريطانيا، لأن استعماله كمبيد حشري زراعي أدى إلى تقلص عدد الطيور البرية، وبخاصة الطيور المفترسة، كصقر العصافير الدورية والباز الجوال، ولقد استردت أعداد هذه الطيور الآن مستواها الذي كانت عليه قبل استخدام المبيد DDT. أما المزارعون فقد نصحوا باستخدام مركبات الفوسفات العضوية والكاربامات التي لا تدخل في نظامنا الغذائي ولا تتراكم في السلسلة الغذائية، لأنها تتفكك بسرعة... ولكن بعض هذه المواد شديد السمية مما يستدعي التعامل معها بحذر شديد. على أن التوصيات الرسمية، حتى في بريطانيا، ليس لها صفة القانون، لذلك لايزال بعض المزارعين يستخدمون مركبات الكلوريد العضوية المستوردة من دون أن يبالوا بالضرر الذي يسببونه للحياة البرية، وذلك لأنها أرخص من المبيدات الحشرية الموصى بها[20].

ولقد اكتسبت مبيدات الأعشاب سمعة سيئة منذ أن استخدمت القوات الأمريكية في فيتنام، حمض ثلاثي الكلور الفينولي الخلي 5، 4، 2 - trichlorophenoxyacetic بتركيز أعلى بكثير مما يستخدم في الزراعة، وذلك لجعل أوراق الغابات تسقط في غير أوانها. وكانت هذه المواد المرشوشة تحوي غالبا الشائبة السامة من الديوكسين المشهور أيضا بسبب انطلاقه في مدينة سيفيزو الإيطالية[21].

أما الآن فإن معظم مبيدات الأعشاب المستعملة في الزراعة لا تتراكم، لأن بكتيريا التربة تحطمها، فهي لذلك لا تشكل خطرا بالنسبة للذين يأكلون المنتجات الزراعية. كما تبذل جهود بالغة كذلك لضمان أن هذه المبيدات ليست مؤذية للحيوانات. إلا أن مبيدات الأعشاب التي ثبت أنها

غير مؤذية لحيوانات المخبر، أثبتت وبصورة غير متوقعة، أنها سامة بالنسبة لأنواع برية معينة. وقد تكون مبيدات الأعشاب خطرة على الذين يستعملونها إذا لم يستخدموها بكثير من الحيطة. إذ إنها قتلت الأطفال الذين شربوها والأشخاص الذين تعاملوا معها بطريقة غير صحيحة. ولقد ذكرت الإذاعة البريطانية أن رش مبيدات الأعشاب في بريطانيا، كان قد آذى بعض الناس وخرب محاصيلهم، كما ادعت هذه الإذاعة أن الكيماويات نفسها التي تصنعها شركات مختلفة، تحمل تعليمات سلامة مختلفة، إذ قد تطلب إحداها ألبسة مراقبة لا تطلبها أخرى. ولقد أفاد صحفيان أمريكيان بأن بعض شركات الكيماويات تصدّر لبلدان العالم الثالث كميات وافرة من المبيدات التي حظرت في الولايات المتحدة، بسبب سميتها من دون تحذيرات يفهمها السكان المحليون. فمثل هذه الممارسات تسببت غالبا في العديد من حالات التسمم المميتة. كما أفادا بأن مواد غذائية معالجة بكيماويات سامة كانت تستوردها البلدان الغربية من دون أن يختبر مدى تلوثها. ولكني لم أكن قادرا على تدقيق هذه الاتهامات عن طريق مصادر مستقلة، إلا أن بعضها،




8- عدد الوفيات بسبب الملاريا في إيطاليا بين كل 1000 مقيم معرض للخطر خلال الفترة 1906 - 1961.

Source: Rapport redige par la delegation italienne participant a la reunion entre les pays du bassin occidental de la Mediterrannee sur la coordination des mesures de prevention contre la reintroduction du paludism (Erice, Sicily, 1979).

وإن لم يكن كلها، كان موثقا توثيقا حسنا[22].

ولقد تحرى أحد البريطانيين العاملين في البحث الطبي تغيرات نسب الوفيات في إحدى مقاطعات الفلبين، خلال الفترة التي ازداد فيها إلى حد كبير استخدام المبيدات الحشرية، فاكتشف تزايدا كبيرا في نسب الوفيات بين عمال المزارع الذكور الذين كانوا يرشون المبيدات الحشرية، من دون أن يرتدوا الثياب الواقية مما يحملونه على ظهورهم. في حين أن نسبة الوفيات بين النساء والأطفال من سكان الريف، وبين العمال الذكور في المدن المجاورة، هبطت خلال الفترة نفسها[23]. وفي سريلانكا تستقبل المستشفيات في كل عام 13 ألف شخص بسبب التسمم بالمبيدات، ويموت 1000 شخص من جراء هذا التسمم، ووفقا لتقارير من الصحف الإنجليزية، قدر بعض المتحدثين في أحد اجتماعات الفاو أن 40 ألف عامل زراعي في العالم الثالث يموتون في كل سنة نتيجة استخدام المبيدات الحشرية. في حين يقدر عدد الذين تضررت صحتهم بأضعاف هذا العدد، إذ يتسمم المزارعون لعدم قدرتهم على قراءة تعليمات الوقاية، لعدم فهمهم لها، أو لافتقارهم لوسائل التأكد منها، أو لأن التعليمات نفسها غير كافية. كما أن التعارض هنا بين المنافع والمخاطر يبلغ نسبا مأساوية. إذ إن السكان الذين تضخم عددهم تضخما هائلا في العالم الثالث، لا يمكن أن يطعموا من دون زراعة مكثفة تتطلب بالضرورة سيطرة على الأوبئة. ولكن الناس فقراء جدا ولا يعرفون كيف يحمون أنفسهم عندما يرشون المبيدات الحشرية. كما أن فقرهم وجهلهم هما نتيجة لارتفاع عددهم بسرعة. وهذا الارتفاع بدوره هو نتيجة للطب الغربي والصحة العامة التي نرى في إدخالها أعظم مساهمة مفيدة قدمناها لبقية العالم.

وتحاول الفاو FAO الآن بالتعاون مع الاتحاد الدولي التجاري لصانعي الكيماويات الزراعية، إيقاف ذلك التسمم بسن تشريع دولي للإشراف على توزيع المبيدات الحشرية واستخدامها. ويحدد هذا التشريع للحكومات والصناعة، سلسلة من القواعد لكي تضع موضع التنفيذ قوانين وتنظيمات وضوابط... وذلك من أجل تسجيل كل منتج قبل أن يسمح ببيعه، وهذا التشريع يناشد الصناعة بأن تتابع سير البضاعة حتى المستخدم الأخير، لكي تستكشف إن كانت هناك حاجة إلى إجراء تبديلات في نمط التركيب

أو في التعليب أو في التعريف بالبضاعة أو توزيعها...، وألا تبيع منتجات تتطلب ألبسة واقية غير مريحة في البلدان الاستوائية، وأن توزع مواد تعليمية إلى مستعملي المبيدات، وأن تدرب الأشخاص الذين يبيعون مبيدات الأوبئة بإعطائهم نصائح عن الاستخدام الآمن المجدي. وقد أصبحت شركة شل للكيماويات تقدم للأميين مثل هذه النصائح على شكل مصور. وإنه ليؤمل بأن يؤدي الالتزام بالتشريع إلى جعل المحافظة على محاصيل وافرة أمرا ممكنا من دون التضحية بصحة الناس.

وتطور الصناعة الكيماوية الآن أجيالا جديدة من المبيدات التي ينبغي أن تكون أقل سمية وتلويثا وأن تكون فعالة بتركيز أقل من المبيدات الحالية، كما تسعى هذه الصناعة إلى تحسين طرق الاستعمال، إذ طور العلماء مثلا في محطة روثامبستيد التجريبية في إنجلترا، المبيدات الحشرية التي دعيت بيريترويد pyrethroid، وذلك لشبهها بالعامل المبيد الطبيعي بيريثروم pyrethrum المستخرج من اللؤلئية الصغرى[*9] (زهرة الربيع) الأفريقية التي هي غير سامة للثدييات. وإلى جانب استعمال هذه المبيدات الآن، على نطاق العالم كله، يجري البحث عن منتجات نباتية أخرى مبيدة للحشرات، وقد طورت شركة الصناعات الكيماوية الإمبراطورية[*10] في بريطانيا، رشاشا كهرساكنيا يمكنه أن يسيطر بفعالية على الأوبئة بأقل من لتر واحد للهكتار بدلا من الكمية المؤلفة من 1000 إلى 2000 لتر[24]. وقد أثبتت هذه الآلة نجاحها في بلدان أفريقية وآسيوية عديدة، وخفضت تأثيرات الجانب المؤذي في أعمال السيطرة الكيماوية على الأوبئة. ومع ذلك لم يكن لاستعماله قدرة على منع نمو طفرات مقاومة للمبيدات.

فالمطلوب بوجه عام هو المحافظة على حد أدنى من استعمال المبيدات الحشرية، لذلك لم ينصح في سويسرا باللجوء إلى السيطرة الكيماوية على أوبئة القمح، إلا عندما تسبب هذه الأوبئة خسارة تزيد على ما يعادل خمسين دولارا من قيمة محصول هكتار من الأرض، وهذا معيار منطقي أيضا، لأن استخدام المبيد من غير هذا الشرط سيكلف أكثر من الخسارة المتوقعة.

أما في بريطانيا فقد أتى الخطر الأكبر على الحياة البرية من الدوافع المالية التي أغرت المزارعين باستخدام مزيد من الأراضي، التي كانت تعيش

عليها حيوانات برية، لإنتاج الغذاء وبزراعة مروج كانت تنمو فيها أزهار برية وزوان للماشية. فقد قطعت الشجيرات والأشجار التي كانت تعشش فيها الطيور. وبعد جني المحصول كان يحرق الهشيم ومعه جميع المخلوقات التي كانت تعيش في الحقل. وعلى نطاق العالم، فإن نهم الأعداد المتزايدة من البشر للأرض، يهدد جميع الأنواع البرية.

ولا يكمن الخطر الحقيقي، الذي يواجه الإنسان في تلوث البيئة بالمبيدات، بل في اصطفاء وتكاثر الحشرات والفطور الطافرة المقاومة للمبيدات. ويحاول الباحثون التغلب على هذه المشكلة بتركيب مبيدات جديدة، ولكن قد تكون هناك حدود، ففي عام 1956 أدى تركيب 1800 مادة كيماوية إلى مبيد تجاري واحد. وفي عام 1967 كانت النسبة 5 آلاف إلى 1، وارتفعت هذه النسبة إلى 10 آلاف إلى 1 عام 1976. ثم إنه عند إيجاد تركيب واعد، لابد من اختبار تأثيراته المضادة الممكنة اختبارا دقيقا على مدى عدة سنوات، وتشمل هذه الاختبارات تأثيراته السمية والغذائية بالنسبة للحيوانات والطيور والأسماك والنحل والمتعضيات المجهرية في التربة وفي الماء. كما تتضمن تجارب في المزارع على نطاق واسع، وتجارب في المحطات التجريبية الحكومية، وبعدئذ تخضع البيانات المتجمعة لخطة الاحتياطات البريطانية الأمنية الخاصة بالمبيدات لكي يتم ترخيص المبيد وتسجيله.

فمن ذلك نخلص إلى أنه لإنتاج مركب قابل للتسويق في بريطانيا، يحتاج الأمر الآن إلى إنفاق 30 مليون دولار على مدى ست أو سبع سنوات، ومثل هذه الاستثمارات الكبيرة لا يمكن أن تسترد أموالها إلا بإنتاج ضخم. لذلك فهي لا تشجع على تطوير تشكيلة من المبيدات الانتقائية التي يمكن استعمالها بتركيزات مخفضة، للقضاء على مجموعة معينة من الحشرات الضارة وترك تلك التي تفترسها والحشرات المفيدة الأخرى حية. لذلك يهدد إلحاح الجماهير على السلامة المطلقة بإفشال هدفها نفسه الذي تسعى إليه.

ولكن ماذا هناك من بدائل؟ إن الطرق البيولوجية للسيطرة على الأوبئة الحشرية، كتوليد ذكور عقيمة من الحشرات ثم إطلاقها لتتزاوج مع الإناث، يمكن أن يساعد حالا على تجنب بعض تلك الأوبئة. وهناك طريقة بيولوجية أخرى تقوم على نشر فيروسات تهاجم الحشرات الضارة. ولكن الطريقة

الواعدة أكثر من غيرها هي طريقة (الفيروسات العضوية baculoviruses، فهي تصيب بعض يرقات الحشرات وتنمو في داخلها فتكون أجساما تظهر تحت المجهر على شكل (كثيرات وجوه) polyhedral تملأ اليرقة وتقتلها. ولا تهاجم الفيروسات العضوية إلا يرقات حشرات خاصة، ليس منها النحل أو الحشرات المفيدة الأخرى، وهي أيضا لا تضر الحيوانات ولا البشر.

على أن الطرق البيولوجية تتطلب غالبا دراسات مفصلة في فروع معرفية متعددة عن سلوك الحشرات المستهدفة، بالبحث في ظروفها الطبيعية وعن فزيولوجيتها وبيوكيميائها (كيميائها الحيوية).

وقد درست إليزابيث برنيس، الرائدة في بيئيات (إيكولوجية) الأوبئة الحشرية، كيف تدمر الجنادب grasshoppers محصول المنهوت cassava في نيجيريا، فوجدت أن النباتات تدافع عن نفسها بإنتاج حمض السيانيك، فأثار دهشتها بأنه لم يقتل الجنادب، وقد تبين أن الجنادب كرهت طعمه المر كثيرا لدرجة أنها ماتت جوعا بدلا من أكل نبات المنهوت السليم. وكانت الجنادب تفضل، عندما تكون الحقول مروية إرواء جيدا، أكل الأعشاب البرية التي كانت تنمو بين نبتات تذبل. وهذه النبتات الذابلة لم تكن تنتج سوى القليل من حمض السيانيك، فكانت تؤكل في الحال، لذلك نصحت برنيس المزارعين بأن يبقوا حقولهم مروية بصورة جيدة لكي تنبت فيها الأعشاب البرية. ولكن المزارعين الفقراء لم يكن باستطاعتهم القيام بذلك. عندئذ اكتشفت برنيس أن الجنادب تضع بيوضها بكميات كبيرة تحت سطح التربة، وحين أخرجتها من تحت التربة قتلتها الشمس جميعها، وهذا ما يستطيع عمله حتى أفقر المزارعين[25].

وللنباتات حربها الكيماوية الخاصة ضد الطفيليات، فهي تستنبط عن طريق الطفرات الوراثية (الجينية) سموما جديدة، فتتكيف الحشرات معها بطفراتها هي، أي بالضبط مثلما تطور الصناعة الكيماوية مبيدات جديدة، فتتطور لدى الحشرات مقاومة طافرة مضادة. ويستغل الذين يستولدون النباتات هذه القابلية لإنتاج سموم تقتل الحشرات، وذلك لكي ينتقوا ويستنبتوا أصنافا من المحاصيل مقاومة للأوبئة.

ولقد لاقوا النجاح فعلا بالنسبة لبعض الأوبئة، ولكن ليس لها كلها، وثمة طريقة للحماية من نمو طفرات مقاومة للمبيدات، وهي استخدام

مبيدات بتركيز ضعيف يكفي للإبقاء على حياة نسبة ما من المتعضيات البرية، ولما كان النوع البري بوجه عام أقدر على البقاء من مثيله الطافر المقاوم للمبيدات، لذلك يتفوق في نموه على هذا الأخير في حال غياب مزيد من المبيدات، وهكذا يصبح المبيد فعالا من جديد بعد فترة من الزمن باختزاله عدد المتعضيات المؤذية.

لو كان على المزارعين أن يتخلوا عن رش المبيدات كلها اليوم في بريطانيا، لنقصت محاصيل الحبوب بنسبة 24 في المئة في السنة الأولى بسبب الأوبئة الحشرية بالدرجة الأولى، وبنسبة 45 في المئة في السنة الثالثة بسبب الأعشاب البرية الضارة بشكل رئيسي(26). ولكن هذه الخسارات يمكن تخفيضها فيما لو زرعت أصناف مقاومة للأوبئة وجرى تحسين إدارة المحاصيل.

فقد كان السبب في ندرة البطاطس في إيرلندا في نهاية القرن الماضي ومجاعة البنغال الكبيرة في الثلاثينيات هو مهاجمة الفطور للمحاصيل، فلو تحولنا إلى الزراعة المعتمدة على العضويات من دون استخدام مبيدات الفطور، لما تمكنا من تجنب تكرار هذه المآسي. إن غزو الفطور لبعض المحاصيل بعد جنيها يؤدي إلى أكثر المسرطنات المعروفة إماتة، وهو الأفلاتوكسين aflatoxine ، الذي يسبب سرطان الكبد في العديد من البلدان الاستوائية، حيث لا يمكن تخزين الحبوب وهي جافة.

وفي نقاش عن المبيدات في ندوة عقدت في لندن حول محاصيل أفضل للغذاء قال الزراعي الهولندي ج.سي. زادوكس:

«إن المحاصيل الغذائية الرئيسية في العالم هي المزروعات السنوية، وهذه المزروعات يسهل نسبيا تحسين مقاومتها جينيا، سواء أكان ذلك ضد الفطور أم الحشرات أم الديدان الخيطية أم الفيروسات. إن المقاومة هي ـ ويجب أن تظل ـ الخط الأول للدفاع ضد جميع العوامل الضارة، إلا أن المقاومة القائمة على مميزات للمورثات قابلة للانتقال، لا تكفي دائما، وذلك لجملة من الأسباب منها: أن الكائنات الضارة المعروفة ذاتها، تظهر لها بانتظام سلالات جديدة تدمر فعالية المقاومة التي تم التوصل إليها بالجهد الجهيد. كما تظهر بين حين وآخر عوامل ضارة جديدة، وفي السابق كانت طرق استنبات الأصناف المحسنة هي أهم الطرق لحماية المحصول،

مع أنها كانت تتم من دون تلقيح اصطناعي، على أن طرق الاستنبات في الزراعة المكثفة تؤدي في هذه الحالة إلى ما يعاكس الإنتاج، لأن السقاية تؤدي إلى فيض في النمو، والاستعمال المجزأ للنتروجين بسبب بقاء الأوراق مدة أطول، الأمر الذي يوفر للعوامل الضارة فردوسها المنشود. والحقيقة أن التحكم البيولوجي، على الرغم من أنه حقق نجاحات بارزة يمكن اعتبارها واعدة بالنسبة للمستقبل، إلا أنه لم يتطور بعد تطورا كافيا يلبي طلب العالم من الغذاء. فحماية المحاصيل بالكيماويات وجدت إذن لتبقى»[27].

هناك اعتقاد بأن نصف الإنتاج الزراعي تقريبا (وفي بعض البلدان أكثر من ذلك بكثير) يفسد نتيجة للأوبئة، وأكثره أثناء التخزين، في حين أن ملايين الناس في العالم كله يشرفون على الموت جوعا[28].

فنحن بحاجة إلى سيطرة على الأوبئة تكون أكثر فعالية وعلى القيام بها في أكثر الأحوال بكميات أقل من المبيدات الانتقائية (أي التي لا تقتل سوى المؤذية).

ولقد تحققت أخيرا من أن ما تكون لدي في البدء من آراء عن أخطار التلوث بالكيماويات الزراعية، كان عن طريق أشخاص كانوا يروجون لآثار هذه الكيماويات الضارة ويخفون في الوقت نفسه فوائدها، فالمبيدات الكيماوية إذا ما صنعت وتم التعامل معها بعناية، واستعملت بحصافة وحسن تدبير، كانت قليلة الخطر على الإنسان أو الحيوان، وهي التي ضاعفت المحاصيل التي تتوقف عليها حياتنا. ولكن الممارسات اللامبالية التي اتبعت في صناعة المبيدات الحشرية والعشبية ـ كتلك التي سببت المصائب في بوبال (في الهند)، وسيفيزو (في إيطاليا)، والتي أدت إلى إفراغ شحنات من السموم في نهر الراين عند مدينة بال في سويسرا ـ وتصدير المبيدات الخطرة إلى بلدان لا يعرف الناس فيها كيف يتعاملون معها، وكمية الطاقة الهائلة اللازمة للزراعة الحديثة، وتطور مقاومة المبيدات ـ هذه كلها يجب أن تكون باعثا على الاهتمام والقلق. ففي الولايات المتحدة، تستعمل 10 حريرات من الطاقة لإنتاج حريرة واحدة من الطعام وتوزيعها، وهذه الطاقة في البلدان الغنية لا تشكل سوى جزء صغير من مجمل الطاقة المستهلكة، أما في البلدان الفقيرة، فإن أي عجز في الطاقة سيرفع كلفتها، المرتفعة أصلا، وسيزيد من افتقار هذه البلدان للغذاء.

## التقانة البيولوجية والهندسة الوراثية في الزراعة:

هل ستؤدي الهندسة الوراثية إلى طرق أفضل للسيطرة على الأوبئة؟ في الوقت الراهن، لا توجد سوى بدايات مشجعة، ولكن الصناعة الكيماوية تستثمر فيها حاليا مبالغ طائلة، والعمل فيها يتوقف بالدرجة الأولى على اكتشافين أساسيين: استنساخ (تنسيل) cloning خلايا نباتية، ونقل مورثات جديدة إلى نباتات بوساطة متعضية محدثة للورم، تدعى أجروبكتريوم (بكتيريا التدرن التاجي) agrobacterium tumefaciens.

وأول مرة تم فيها استنساخ خلية نباتية كانت عام 1958 على يد البيولوجي الإنجليزي فريدريك ستيوارد في جامعة كورنل. ثم بمعزل عنه، البيولوجي الألماني جاكوب راينرد الذي اكتشف طريقة لتنمية شتلات جزر كاملة من استنبات خلايا منفردة لجزرة واحدة، وسرعان ما أمكن تعرّف إمكان تحسين النبات وراثيا بهذه الطريقة. مما أدى إلى إنماء نسائل (كلونات clones) من خلايا غبار الطلع وإنماء نسائل جسدية (وقد سميت كذلك لأنها استمدت من خلايا النسائل في نباتات غذائية عديدة، منها القمح والذرة والأرز وقصب السكر والبطاطس والتبغ والفراولة (الفريز) والأناناس، وكذلك في نباتات الزينة كالأوركيديا والكريزانتيم والبتونيا، ويمكن أن تصبح الخلايا عند استنباتها عرضة للطفرات التي يمكن أن تؤدي إلى ظهور مغايرات وراثية مفيدة، فنمو نسيلة ما في ظرف انتقائي قاهر، كأن تنمو مثلا في حضور ذيفان (توكسين) وباء فطري أو أعشاب قاتلة، يمكن أن ينتج مغايرات مقاومة بسرعة أكبر من الطريقة التقليدية التي تصنع هجائن عن طريق التصالبات.

ولكن التصالبات لها أفضلية في أنها تجمع بين الخواص المطلوبة لصنفين مختلفين وراثيا. ففي عام 1960 فتح البيولوجي الإنجليزي إي. سي. كوكنج الطريق إلى إحداث تصالبات في مزارع الخلايا. وقد استعمل لذلك إنزيما لكي يزيل بالهضم الجدران السيلولوزية عن خلايا رؤوس جذر نبتة طماطم (بندورة). فترك الهضم بروتوبلاستات الخلايا عارية، مما مكنها من الاندماج مع بروتوبلاستات مغايرات أخرى، وهكذا أمكن إنبات هجائن مفيدة من هذه الخلايا المندمجة. ولقد استعملت في هاواي وفي فيجي نسائل (كلونات) جسدية لإنبات قصب سكر مقاوم لفيروس فيجي، ولفطر محلي يدعى

البياض الزغبي لقصب السكر (sclerospora sacchari)، وأنتج في أستراليا مغاير من قصب السكر مقاوم لمرض التبقع العيني helmithosporium sacchari[29]. وقد صار من الممكن أيضا إنبات عدة مئات من النسائل الجسدية من رشيم قمحة مفردة، وعزل عدة مغايرات خلال شهرين أو ثلاثة أشهر فقط، أي في مدة أقل بكثير من الوقت اللازم لإنتاج عدة مغايرات من البذور.

ويمكن إيلاج موروثات جديدة في رشيمات أي نبتة أو في خلايا منفردة، وذلك باستخدام بكتيريا التدرن التاجي[*11] agrobacteria. وقد استعملت هذه التقانة الوراثية (الجينية) لجعل نبتات التبغ سامة بالنسبة ليرقات الفراشة. وكان من المعروف أن العصيات البكتيرية bacillus thuringiensis kurstaki تصنع بروتينا ساما ليرقات الفراش، ولكنه غير مؤذ للحيوانات والإنسان، فاستنسل (استنسخ) المورث الخاص بهذا البروتين في البكتيريا القولونية ثم نقل إلى نبتات التبغ بوساطة بكتيريا التدرن التاجي، فأصبحت هذه النبتات عندئذ منتجة للذيفان في أوراقها من جيل إلى آخر. وقد حصلت شركة مونسانتو Monsanto الكيماوية على إذن رسمي بزراعة هذا التبغ على سبيل التجربة في حقول مكشوفة[30].

وحاول فريق آخر (تلقيح) نبتات التبغ بلقاح مضاد لفيروس التبغ، فاستنسلوا المورث الخاص بالمعطف البروتيني لهذا الفيروس، ونقلوه إلى قطعة من دنا بكتيريا التدرن التاجي التي انتزعت منها المورثات المسببة للورم، وبعدئذ أدخل المورث في نبتات التبغ. فصار بإمكان هذه النبتات المحورة وراثيا أن تصنع المعطف البروتيني للفيروس من دون الفيروس. وعندما حقنت الشجيرات الحاملة لمورث بروتين معطف الفيروس بكميات صغيرة من فيروس فسيفساء التبغ الحي، لم تظهر عليها أعراض المرض إلا نادرا، ثم عندما استعملت كميات أكبر من الفيروسات الحية، استغرقت الشجيرات المحورة وراثيا مدة أطول من الشجيرات غير المحورة في إظهار الأعراض[31]. وكان الناس في الماضي قد حاولوا تمنيع[*12] النباتات ضد الأمراض الفيروسية بتلقيحها بمغايرات مختلفة من الفيروسات غير المؤذية. ولكن في هذه اللقاحات مجازفة في انتقال خطر الطفرات التي حولت الفيروسات غير المؤذية إلى فيروسات خبيثة، في إنتاج فيروس يحمي نباتا

معينا ولكنه يسبب مرضا لنبات آخر، أما هذه الطرق الجديدة فتتجنب هذه المخاطر، لأنها تقوم على انتزاع المورثات التي تؤدي إلى نسخ الفيروس.

وثمة فريق آخر استولد (بالهندسة الوراثية) بتونيا مقاومة لقاتل الأعشاب المسمى غليفوسات glyphosate، وهو مبيد عشبي فعال يستعمل كثيرا، ولكنه يقتل أيضا معظم النباتات المفيدة. ويعتمد تأثيره على صد إنزيم أساسي. وقد استنبط مهندسو الوراثة شكلا جديدا من البتونيا يحوي عشرين نسخة من المورث المكوّد coding لهذا الإنزيم، لذلك صار بإمكان هذه البتونيا الجديدة إنتاج كمية وافرة من الإنزيم تكفي لمقاومة مبيدات الأعشاب[32].

وهناك مشكلة أيضا بالنسبة للحبوب، وهي أنها لا تصاب ببكتيريا التدرن التاجي، لذلك لا يمكن أن تطبق عليها الطريقة المألوفة لنقل المورثات. فعمد فريق ألماني بدلا من ذلك إلى حقن مورث جديد في (الشيلم) rye مباشرة. ولكي يمتحنوا طريقتهم، حقنوا عدة نسخ من قطعة دنا تحوي مورثا لمقاومة المضاد الحيوي كاناميسين kanamycin في البراعم الجانبية لشجيرات الشيلم، وبعد أن خصبوها بغبار الطلع المأخوذ من نبتات ملقحة بالدنا نفسه، جنيت البذور وزرعت في أرض تحوي الكاناميسين، فأنبتت سبع بذرات (من أصل 3 آلاف بذرة مبرعمة) شجيرات ظلت خضراء، واحتوت اثنتان منها على الإنزيم الذي يمنح مقاومة للكاناميسين. فمن الممكن لبذور هاتين النبتتين أن تنقل هذه المقاومة إلى خلفهما. وقد أثبتت هذه التجربة أنه بالإمكان إدخال معلومات وراثية جديدة إلى الخلايا الجنسية للحبوب، وأنه يمكن بعدئذ جني بذورها، ثم من هذه البذور تستنبت نبتات عادية تظهر فيها خاصة المورث الجديد. إذن قد تسهّل هذه التقنيات إدخال مورثات مقاومة للفيروسات والفطور[33] وتخفف من حاجتنا إلى المبيدات.

وخلاصة القول: إن إجراء تغيير جيني (مورثي) genetic في نسائل جسدية، واستيلاد نبتات طافرة، من جيل إلى آخر، أدى حتى الآن إلى إنتاج عدة أصناف جديدة يمكن أن تنتقل من جيل إلى آخر. فيمكن أن نتوقع لهذه الطرق أن تصبح بالتدرج مفيدة للمهتمين بتنمية نباتات محسنة. ومع ذلك لايزال أعظم نجاح في تنمية نبات محسن حتى الآن هو الذي تم بطريقتي التصالب والانتقاء التقليديتين[34]. فعلى سبيل المثال أنجزت في فرنسا تصالبات بين قمح الخبز والعشبة البرية المسماة (aegilops ventricosa)،

فما كان من العلماء في معهد تطوير النبات في كمبردج بانجلترا، إلا أن أنتجوا من هذا التصالب صنفا جديدا من القمح يقاوم مرض عين ذيل الطاووس (eyespot) الفطري الشائع[35]. وهم يطورون أيضا سلالات من القمح مقاومة للملح باستخدام تهجينات واسعة لكي ينقلوا إلى القمح مورثات من أعشاب تربطها به قرابة بعيدة. فجميع أصناف الحبوب الجديدة التي أسهمت حتى الآن في الثورة الخضراء كانت قد استولدت، حسب معرفتي، بطريقة تقليدية. ولكن ثمة مشكلة، إذ تنقضي عادة اثنتا عشرة سنة إلى خمس عشرة سنة بين إنماء أول هجين جديد (في المختبرات) ومباشرة الفلاحين بزراعته. الأمر الذي يدعو العاملين في التقانة البيولوجية إلى تقصير هذه الفترة، وهذا بوجه خاص لأن تجمعات الحشرات (أو الأعشاب) الطافرة المتكيفة مع الصنف النباتي الجديد المقاوم لها تظهر في أكثر الأحوال في أقل من أربع سنوات.

أما في مجال تربية الحيوانات فقد توقف تطبيق التقانة البيولوجية حتى الآن عند التأثير في البيضة والجنين اصطناعيا، والإخصاب (أو التلقيح) الاصطناعي، والمعالجة الصحية بوساطة اللقاحات والهرمونات المصنعة بطرق الهندسة البيولوجية، من ذلك مثلا المعالجة من مرض الحمى القلاعية، ويمكن أن تقاس إمكانيات المستقبل استنادا إلى التجارب الحالية على الفئران.

ولقد ابتكرت عالمة البيولوجيا الأميركية بياتريس مينتز طريقة بارعة لإيلاج مورثات جديدة في أجنة الفئران، فقد كاثرت خلايا بعض سرطانات الفئران[36] في مزارع للخلايا، ثم زرعتها في فئران مكتملة النمو، فأحدث ذلك ظهور أورام خبيثة لدى تلك الفئران. ثم حقنت مينتز خلية واحدة من هذه الخلايا في جنين فأر كان لايزال يتكون من عدد قليل من الخلايا، فنما هذا الجنين نموا طبيعيا من دون تورمات خبيثة، والفأر الذي نشأ كان هجينا مكونا من سلالة الخلايا الجنينية الأولية والخلية السرطانية التي حقنت فيها. وقد وجدت أنه عندما تكون الخلايا الجنينية مولدة من زوج من الفئران البيضاء، والخلية السرطانية آتية من فأر أسود، كانت الفئران الصغيرة مخططة بالأبيض والأسود، وكان أكثر من 70 بالمئة من الصغار يحوي كلا النوعين من الخلايا في جميع الأنسجة. وعندما تزاوجت هذه

الفئران الهجينة على مدى جيلين مع فئران سليمة مستولدة من تزاوج أقارب، أدى العزل الوراثي[*13] إلى خلف صريح النسب إلى الخلايا السرطانية.

إن مزارع الخلايا السرطانية هي مستنبتات مطواعة للهندسة الوراثية، إذ يمكن للطرق الكيماوية والوراثية أن تؤكد فيها إن كان المورث المدخل حديثا قد أولج بصورة صحيحة في الصبغي (الكروموسوم) المرغوب فيه أم لا. لذا أفسحت طريقة مينتز المجال لاستيلاد حيوانات ناشئة في نسيلة من الخلايا المحورة وراثيا.

وفي الولايات المتحدة طور ر.ل. برنستر ومعاونوه طريقة جديدة لنقل بعض المورثات إلى الفئران، فقد حقنوا مزيجا علقت فيه قطع من الدنا في بيضات فأرات مخصبة، وكانت القطع تحوي المورث المطلوب (إيلاجه) مقترنا بالمورث المكوِّد لإنزيم تنشطه أملاح الزنك، فإذا أضيف الزنك بعدئذ إلى طعام الفئران الصغيرة، ارتفع تركيز الهرمون المطلوب في هذه الفئران (التي حورت مورثاتها) إلى ثمانمئة ضعف، مقارنة بتركيزه عند قريباتها الطبيعيات (التي لم تحور مورثاتها) كما بلغ وزن بعضها ضعفي وزن قريباتها تقريبا، وقد نقلت إحدى الفأرات مورثاتها المدخلة إليها إلى نصف خلفها فانحدر من هذا الخلف مزيد من الأجيال الوارثة لهذه المورثات[37].

ومن المرجح أن تطبق طرق الهندسة الوراثية هذه في المستقبل على الحيوانات الزراعية، ولكن هل ستستخدم أيضا في معالجة المورثات عند الإنسان؟ هذا ما يبدو بالنسبة لي مستحيلا للسبب التالي:

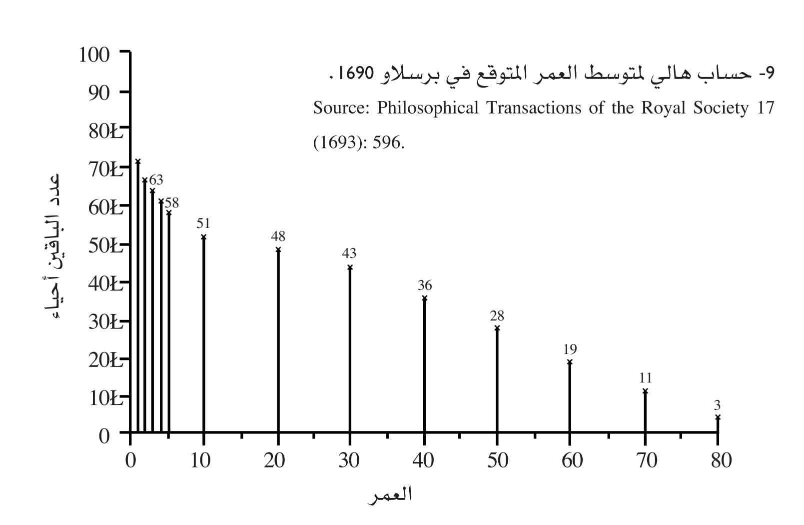
لقد حقن برنستر وزملاؤه ما يقارب 600 نسخة من المورثات الجديدة في كل بيضة من 170، ثم زرعت هذه البيوض في أرحام 170 فأرة. فلم ينمُ من الفأرات المستولدة سوى 21. وست فقط من هذه كانت أضخم من قريباتها غير المعالجات، وفي تجارب مينتز لم تعش من الأجنة سوى 390 من أصل 1258 زرعت فيها الخلايا السرطانية، ثم 78 من هذه الأجنة التي عاشت حياتها حتى اكتمالها ماتت فتية من جائحة فيروسية، ومن الـ 312 فأرة المتبقية التي عاشت بعد الجائحة، ظهر على 41 فأرة فقط اللون الأسود المتحدر من الخلايا السرطانية، فمحاولة تطبيق طرق كهذه على الإنسان، لا ينمو فيها من البيوض المخصبة أكثر من جزء بصورة طبيعية،

ولا تعمل المعالجة الوراثية إلا في جزء من هذا الجزء ـ هي جريمة قطعا.

## العلم والصحة:

### أسباب الموت

ينظر الناس في أغلب الأحيان بحنين إلى الأيام الماضية الطيبة الخالية من الصخب والضجيج و الضباب والدخان، ولكنهم ينسون خطرا أكبر من هذا بكثير وهو الموت المبكر الذي كان يثقل كاهل أسلافنا الأولين فيتردد ذكره في أشعارهم وفي تفكيرهم الديني. وفي عام 1693 نشر الفلكي الإنجليزي إدموند هالي نتائج دراسته لمتوسط العمر المتوقع في مدينة برسلاو الألمانية، التي دونت فيها تسجلات جيدة للولادات والوفيات، وذلك بقصد حساب قيمة الدخل السنوي. ويمثل الشكل 9 هذه النتائج بيانيا: حيث نلاحظ أن من بين كل 100 طفل مولود يعيش 51 فقط إلى سن السبعين[38]، ولم يكن متوسط العمر المتوقع في إنجلترا أفضل بكثير في عام 1867 عندما توفي نصف الأطفال الذين كانت أعمارهم دون الرابعة عشرة[39]، وفي الجدول رقم 2 أدرجت أسماء قلة من كثير من الفنانين والموسيقيين والكتاب الذين ماتوا بأمراض معدية في ربيع حياتهم. فمازاتشيو رائد الرسم في عصر النهضة، توفي بالطاعون في السابعة والعشرين من




9- حساب هالي لمتوسط العمر المتوقع في برسلاو 1690.
Source: Philosophical Transactions of the Royal Society 17 (1693): 596.

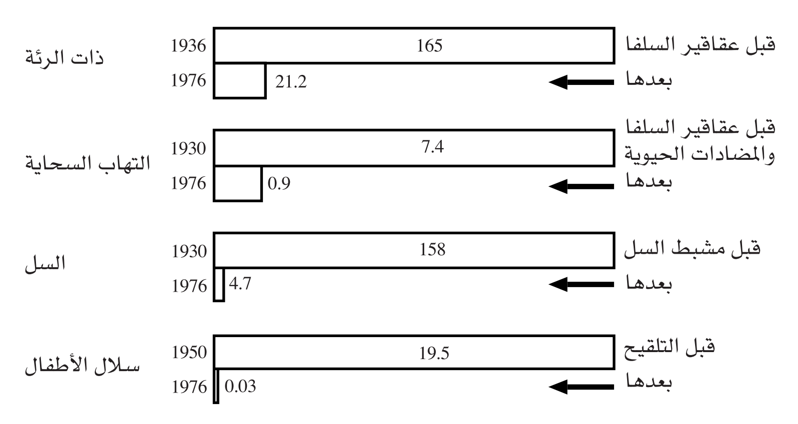
الجدول 2 – زمن الماضي الطيب : سبب وفاة بعض العظماء والعظيمات ، وسنهم عند الوفاة

| الاسم | الاختصاص | تاريخ الولادة | السن عند الوفاة | السبب |
|---|---|---|---|---|
| مازاتشيو | رسام | 1401 | 27 | الطاعون |
| جيورجونه | رسام | 1477 | 33 | الطاعون |
| رفائيل | رسام | 1483 | 37 | حمى مفاجئة |
| ولفجانج أماديوس موتسارت | موسيقي | 1756 | 35 | حمى مفاجئة |
| جون كيتس | شاعر | 1795 | 36 | سل |
| هنريش هاينه | شاعر | 1797 | 59 | سل |
| فرانزشوبرت | موسيقي | 1797 | 31 | حمى تيفية |
| فريدريك شوبان | موسيقي | 1810 | 39 | سل |
| روبرت شومان | موسيقي | 1810 | 39 | سفلس |
| إميلي برونتي | كاتبة | 1818 | 22 | سل |
| آن برونتي | كاتبة | 1820 | 29 | سل |
| شارلبودلر | شاعر | 1821 | 46 | سفلس |
| فريدريك نتشه | فيلسوف وشاعر | 1844 | 56 | سفلس |
| بول جوجان | رسام | 1848 | 55 | سفلس |
| جورج سوارت | رسام | 1859 | 31 | التهاب الحنجرة |
| هوجو ولف | موسيقي | 1860 | 43 | سفلس |
| د. هـــ. لورنس | كاتب | 1885 | 45 | سل |
| جورج أورول | كاتب | 1903 | 47 | سل |

عمره، وتوفي موتسارت في الخامسة والثلاثين بعدوى (خمج) لم يشخص، بعد أن انتهى من مقطوعته الناي السحري مباشرة (لا يوجد دليل على أن ساليري[*14] Salieri قد سممه أو أي شخص آخر). ومات شوبرت بالتيفوئيد في الحادية والثلاثين من عمره عندما وصلت موسيقاه إلى مستوى عمق

بيتهوفن وكماله. وإنه ليبعث على الأسى أن نفكر كم من الأعمال العظيمة ضاعت بسبب الأمراض التي يمكن الآن تجنبها أو شفاؤها. ومن الطبيعي أنه ليس جميع الرجال العظام قد ماتوا شبانا: فليوناردو دافنشي بلغ السابعة والستين، وتيتيان بلغ[*15] السابعة والثمانين، وجاليليه الثامنة والسبعين، ونيوتن الرابعة والسبعين، ولكن احتمال الموت في سن مبكرة كان أكبر بكثير مما هو عليه الآن.

ولقد تحسنت الصحة العامة في البلدان المتطورة تحسنا فاق أكثر التوقعات تفاؤلا منذ خمسين عاما. فمن كان يظن أن السل والجدري والعديد من الأمراض الخمجية الأخرى ستختفي عمليا (الشكل 10)، وأن متوسط

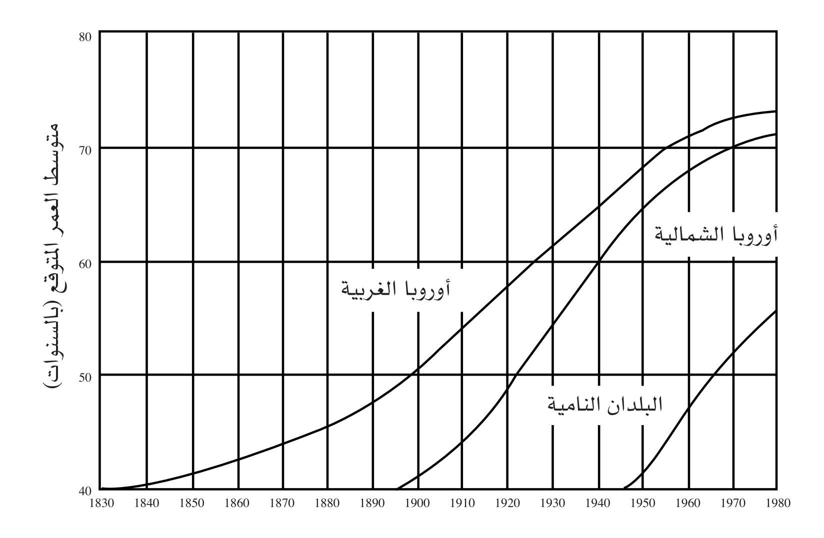



10- معدل الوفيات السنوية في كل 100 ألف ألماني نتيجة لأربع أمراض خمجية بين 1930 ـ 1976.

Source: Arzenimittel - forschung in Deutschland (Pharma, Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie, Karlstrasse 21, 6000 Frankfurt, 1979 - 1980)

العمر المتوقع في أوروبا الغربية سيرتفع أيضا بحدود عشر سنوات أخرى. فهو في بريطانيا الآن سبعون سنة للرجال وست وسبعون للنساء. ولكن متوسط التوزع هنا يتغير حسب الطبقة الاجتماعية. فمتوسط العمر المتوقع أقصر بعشر سنوات بين العمال غير المهرة عما هو عليه عند طبقة الإداريين والمحترفين[40].

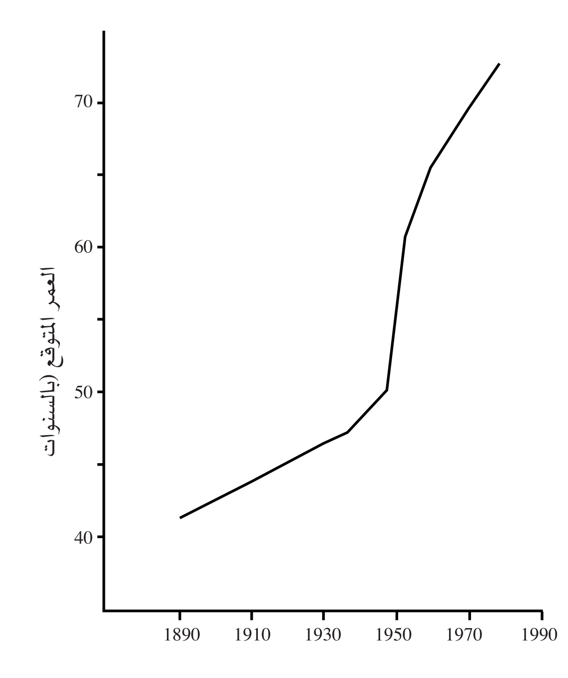
وفي الولايات المتحدة ارتفع متوسط العمر المتوقع خلال هذا القرن ارتفاعا ثابتا، وهو يواصل ارتفاعه بما يقرب من ثلاث سنوات في كل عقد.




11- متوسط العمر المتوقع في أوروبا الغربية والشرقية وفي البلدان النامية 1830 ـ 1980. لقد رفعت العناية الصحية والمضادات الحيوية متوسط العمر المتوقع في البلدان النامية خلال خمس عشرة سنة بقدر ما ارتفع في أوروبا خلال خمس وثمانين سنة، نتيجة لمزيج من العناية الصحية وتحسن التغذية والطب على الطريقة القديمة. ومع ذلك لايزال متوسط العمر المتوقع في البلدان النامية متخلفا عن مثيله في أوروبا مدة خمس عشرة إلى عشرين سنة. والسبب الرئيسي في ذلك هو أن نسبة وفيات الأطفال أعلى.

Source:D. R. Gwadkin and S. K. Brandel, “Life Expectancy and Population Growth in the Third World”, Scientific American 246 (May 1982): 33.

بل إن متوسط العمر المتوقع لايزال يرتفع، على الرغم من انتشار الفقر الواسع، ارتفاعا حادا في جميع العالم، ما عدا الدول الشيوعية السابقة (في شرق أوروبا وفي الاتحاد السوفييتي). ومتوسط العمر الآن في الهند أعلى مما كان عليه في أي بلد أوروبي طوال سنوات القرن التاسع عشر. (الشكل 11)[41]. ولكن أعظم ارتفاع مذهل كان في اليابان. فقد رافقته هناك زيادة في متوسط طول الشاب الياباني الذي يساوي الآن مثيله عند الأوروبيين، وكذلك في متوسط حاصل الذكاء IQ (عند تلاميذ المدارس في اليابان) الذي يفترض فيه الآن أن يكون قد زاد على مثيله عند أقرانهم من الأوروبيين والأمريكيين (IQ هو سن الطالب العقلية مقسوما على سنه الزمنية مضروبا في مئة) (الشكل 12)[42]. فهذه الإحصاءات هي أهم الشواهد



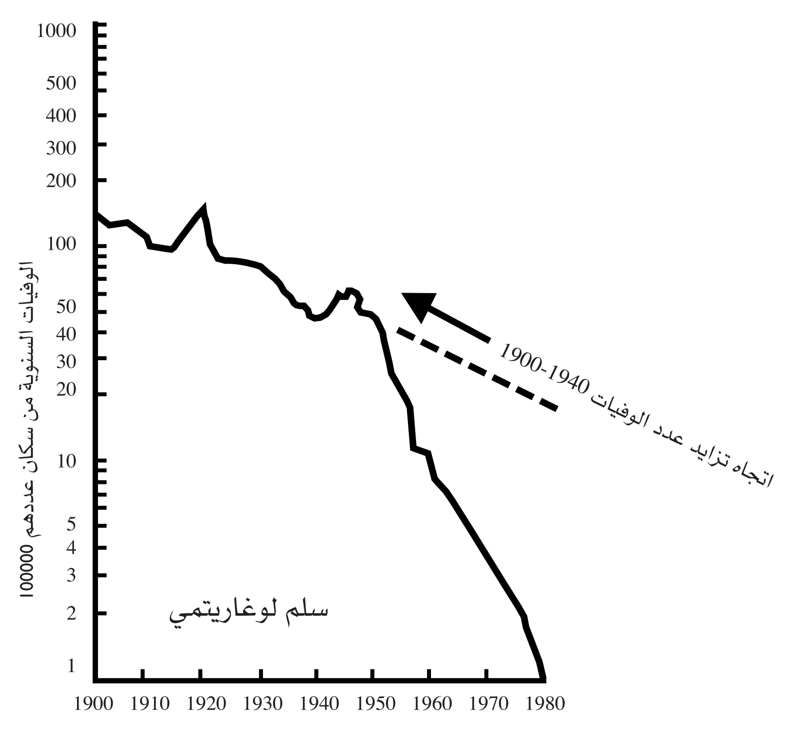

12- متوسط العمر المتوقع عند الرجال اليابانيين 1890 - 1990. لاحظ تزايد الانحدار نتيجة لتأثير أميركا الذي تلا الحرب العالمية الثانية.

Source: A. M. Anderson, "The Great Japanese IQ Increase", Nature (London) 297 (1982): 181.

إقناعا على فوائد نظام الغذاء والصحة العامة في الغرب.

وغالبا ما قيل إن متوسط العمر المتوقع في أوروبا كان قد ارتفع، وأن معدل الوفيات من الأمراض الخمجية قد انخفض، قبل مجيء المضادات الحيوية بزمن طويل، وأنه لذلك لا علاقة لهذا التحسين بالبحث العلمي، غير أن مرض السل مثال يثبت أن هذا غير صحيح إلا إلى قدر. إذ هبطت نسبة الوفيات من جراء السل منذ بداية هذا القرن بفضل العناية الصحية وتحسين مستويات المعيشة، ثم أصبح هذا الهبوط منذ استخدام المضادات الحيوية أكثر حدة بكثير، وأصبحت نسبة الوفيات اليوم من السل في البلدان المتطورة تقترب من الصفر (الشكل 13). ويرجع الفضل الأكبر في هذا التحسن إلى أبحاث باستور وكوخ وسيميلڤايس وآخرين حول المنشأ الجرثومي لأمراض عديدة.

ترى أما زال أمام الطب متسع للتقدم؟ إن نصف الوفيات اليوم في الولايات المتحدة ناجم عن أمراض شريانية، وثلثها ناجم عن السرطان. ولكن هذه الأرقام مضللة لأنها لا تعلمنا بأي عمر يموت الناس من هذه




13- نسبة الوفيات الناجمة عن السل في إنجلترا وويلز (بلاد الغال) بين 1900 و1980.
Source: British Department of Health and Social Security.

الأمراض. وقد حصل جون كيرنز على معيار لقياس فداحة الموت المبكر (أو بكورية الموت)، بأن حسب الخسارة الكلية الناجمة عن فقدان فترة من حياة العمل المنتجة نتيجة لأسباب مختلفة بالنسبة للذين أعمارهم بين العشرين والخامسة والستين (الجدول 3). وعند تحليل الأسباب الشخصية للوفاة بهذه الطريقة، تأتي أمراض الأطفال في رأس القائمة، ويليها السرطان، ثم مرض القلب، ثم حوادث السيارات. ولم تعد الأمراض المعدية، بفضل المضادات الحيوية، مسؤولة إلا عن 2 في المئة على الأكثر من الوفيات المبكرة، أي أقل من الوفيات الناتجة من جرائم القتل. وتسبب حوادث الانتحار في أمريكا 3 في المئة من خسارة سنوات حياة العمل، وتسبب في بريطانيا واحدا في المئة من جميع الوفيات، و12 في المئة من حوادث الوفاة بين سن الخامسة والعشرين وسن التاسعة والعشرين.

**الجدول 3 – خسارة الولايات المتحدة من سنوات العمل**

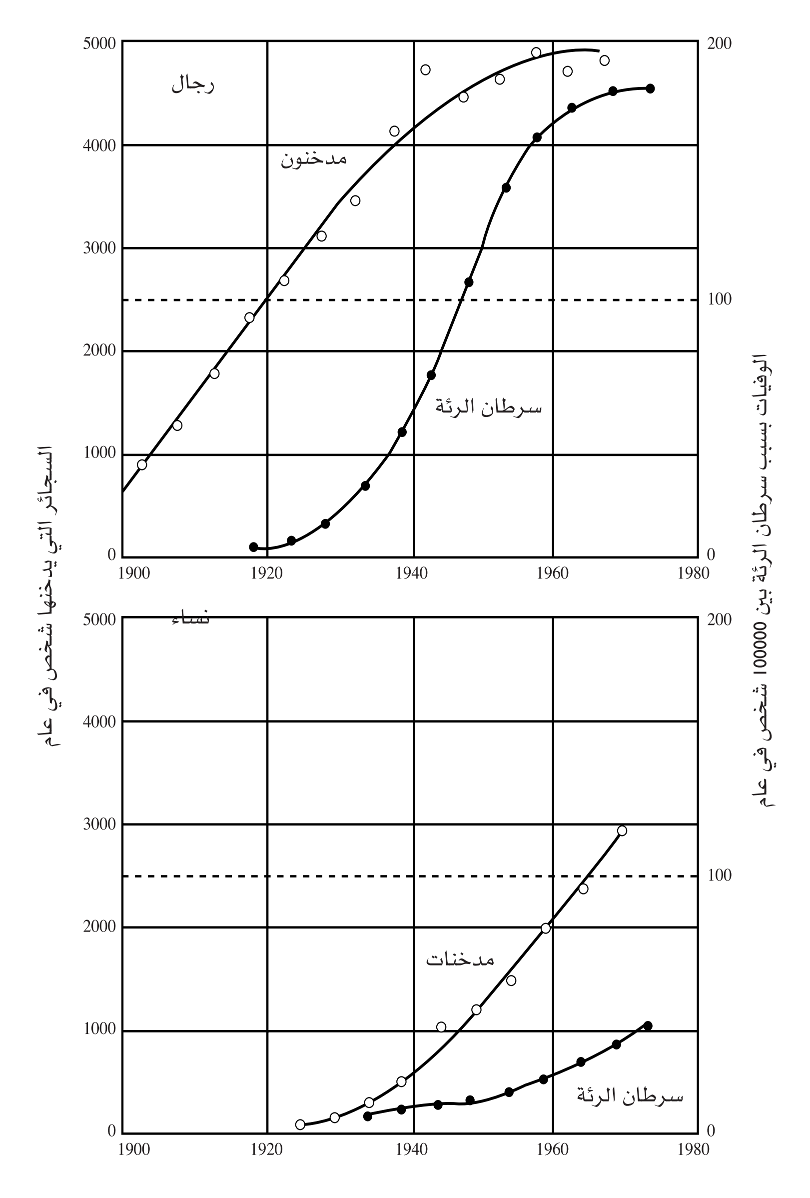
**نتيجة لأسباب مختلفة عام 1968 .**

| الأسباب | سنوات العمل الضائعة (*) | النسبة المئوية من المجموع |
|---|---|---|
| **الحوادث والعنف :** | | |
| حوادث السيارات | 1 533 102 | 11 |
| الحوادث الأخرى | 1 262 415 | 9 |
| جرائم القتل | 397 668 | 3 |
| الانتحار | 389 733 | 3 |
| **المجموع الجزئي :** | 3 582 91 | 26 |
| **الأمراض الوعائية :** | | |
| مرض القلب | 1 610 142 | 12 |
| الأمراض الوعائية الدماغية | 431 973 | 3 |
| الأمراض الأخرى | 578 801 | 4 |
| **المجموع الجزئي :** | 2 620 916 | 19 |
| وفيات الأطفال | 1 970 489 | 14 |
| السرطان | 1 744 180 | 13 |
| الأمراض التنفسية | 968 064 | 7 |
| الأمراض الخلقية | 674 465 | 5 |
| الأمراض الخمجية | 291 185 | 2 |
| **المجموع** | 11 852 226 | 86 |
| **جميع الأسباب :** | 13 687 716 | 100 |

المصدر : John Cairns, Cancer, Science, and Society (San Francisco: W. H. Freeman, 1978)

(*) تعتبر حياة العمل ممتدة على 45 عام من سن العشرين إلى سن الخامسة والستين . كل وفاة قبل العشرين تحدث خسارة 45 سنة في سنوات العمل . والوفيات التي تحدث بين سن العشرين وسن الخامسة والستين تحدث خسارة أقل نسبيا . أما الوفيات بعد الخامسة والستين فلا خسارة فيها .

وتشكل هذه الخسارة المأساوية لحياة الشبان تحديا كبيرا للأطباء النفسانيين والعاملين في الحقل الاجتماعي[43]. وعلى الرغم من أن معدل حوادث السيارات في الولايات المتحدة، من أجل القيادة للكيلومتر الواحد في حركة السير، هي أخفض من مثيلاتها في دول أخرى عديدة، فإن هذه الحوادث تسبب 11 في المئة من جميع الوفيات المبكرة مقارنة بـ 13 في المئة يسببها السرطان. وفي بريطانيا والدول الإسكندنافية أخفض معدل لحوادث




14- معدل الوفيات من سرطان الرئة مقارنة بعدد السجائر التي يدخنها الفرد الواحد في السنة في الولايات المتحدة 1900 - 1980.

Source: John Cairns, Cancer, Sceince, and Society (San Francisco: W. H. Freeman, 1978).

السيارات في القيادة للكيلومتر الواحد. أما بولونيا وإسبانيا فعندها أعلى معدل حوادث ـ سبعة أمثاله في بريطانيا!

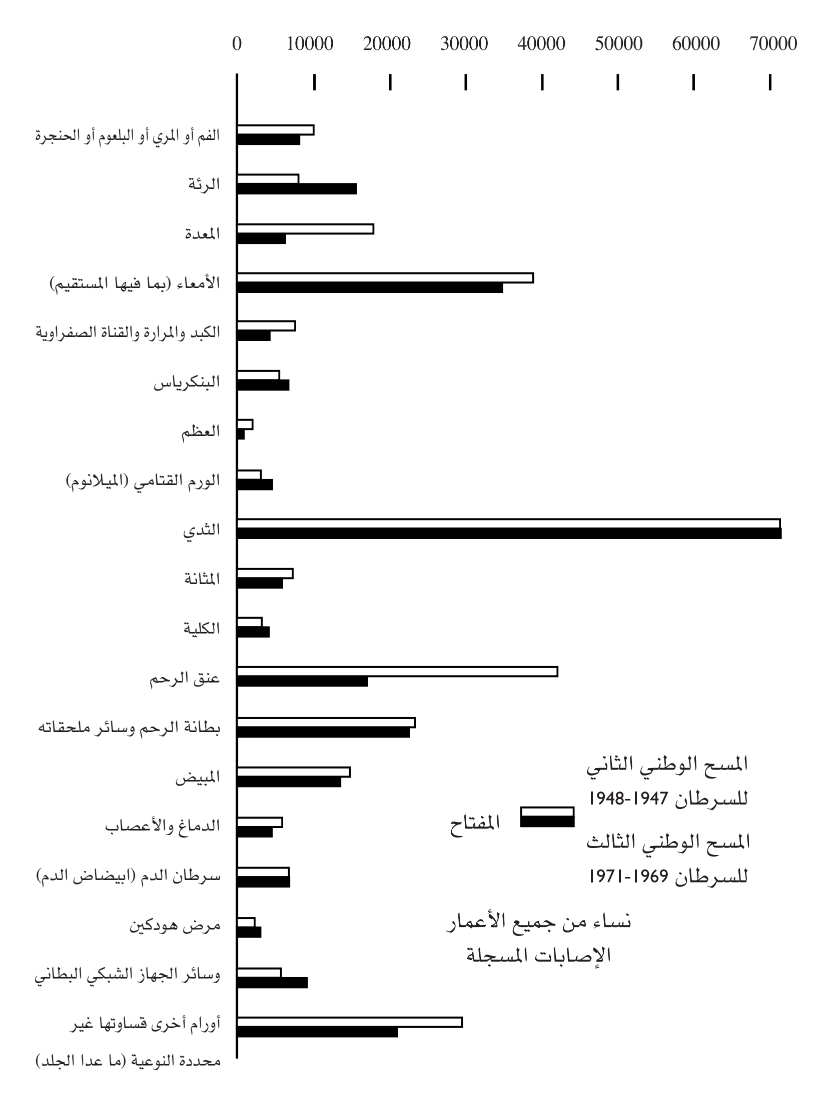
إن أكثر أشكال السرطان الخطرة انتشارا، يمكن تجنبه فيما لو وجدت الإرادة الشعبية لعمل ذلك. والسرطان الذي يأتي بالدرجة الأولى هو سرطان الرئة الذي يسببه، دائما تقريبا، تدخين التبغ. فتبعا لما قاله كيرنز:

«إن سرطان الرئة هو المثال الأكثر إثارة فيما يتعلق بتحديد سبب السرطان بدراسة الطريقة التي يتغير فيها حدوثه مع الزمن (الشكل 14). لقد تم ذلك بالفعل عن طريق استعادة الماضي، فكان الأمر كما لو أن المجتمعات الغربية قد شرعت في إجراء تجربة واسعة، أحسنت رقابتها إلى حد ما، حول المسرطنات المسببة لما يقرب من عدة ملايين من الوفيات واستخدمت شعوبها نفسها كحيوانات للتجارب[44]».

إن سرطان الرئة ليس المرض الوحيد المرتبط بالتدخين. فالوفيات في بريطانيا بسبب التهاب القصبات وذات الرئة مألوفة كتلك الناجمة عن السرطان. ونسبة كبيرة من الوفيات الناجمة عن هذه الأمراض وتلك الناجمة عن أمراض الأوعية القلبية، تعزى أيضا للتدخين. كما أن الوفيات الناشئة عن تليف الكبد المرتبط بالإدمان على الكحول هي أيضا في ارتفاع، ولا سيما في إسكوتلندا[45].

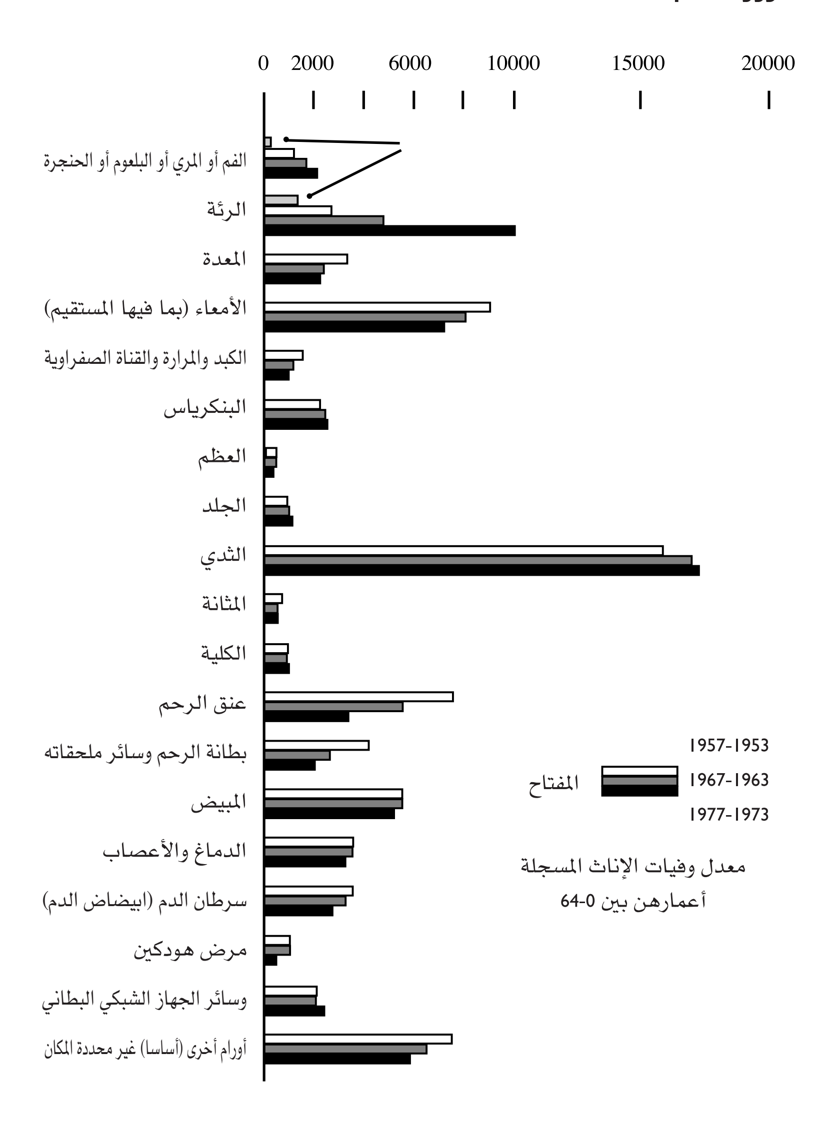
وتصرف وزارة الصحة في بريطانيا 1,5 مليون جنيه إسترليني سنويا على حملتها لمكافحة التدخين، في حين أن شركات التبغ تصرف 80 مليون جنيه على الدعاية للتدخين. وفي بريطانيا يتظاهر أمام المختبرات معارضو تشريح الحيوانات ضد استخدام الحيوانات في أبحاث السرطان. ولكني لم أسمع قط عن إنسان يتظاهر خارج مصانع السيارات ضد إنتاج عربات تسحق الناس بمجرد الاصطدام، أو خارج مصانع التبغ لإيقاف وباء سرطان الرئة المرعب الذي يقتل الناس في كثير من البلدان (انظر مقالة «وزارة الدفاع» ص 226 ـ 227 في هذا الكتاب).

وهناك اعتقاد شائع بأن السرطان تسببه أيضا الإضافات الكيماوية للطعام والمنتجات الصناعية الأخرى. ولكن عالمي الأوبئة الطليعيين ريتشارد دول و ريتشارد بيتو وجدا أنه ما من مؤشرات على صحة ذلك إلا بالنسبة لبعض العمال الصناعيين. ويظهر الشكلان 15 و 16 أن سرطان الجهاز




15- نسبة حدوث السرطان بالمئة مليون امرأة من جميع الأعمار في الولايات المتحدة بين 1947-1948 مقارنة بأعوام 1969 - 1971. لاحظ الارتفاع في سرطان الرئة الناجم عن تزايد تدخين التبغ، والهبوط في سرطان المعدة والعنق لأسباب مجهولة.

Source: Richard Doll and Richard Peto, The Causes of Cancer (Oxford: Oxford University Press, 1981).




16- الوفيات السنوية الناجمة عن السرطان بالمئة مليون امرأة أمريكية بين سن الصفر وسن الرابعة والستين في الفترة 1953-1957 مقارنة بالفترة 1973-1977. لاحظ الارتفاع الكبير في سرطان الرئة.

Source: Richard Doll and Richard Peto, The Causes of Cancer (Oxford: Oxford University Press, 1981).

التنفسي هو الشكل الوحيد من أشكال السرطان، الذي ازداد حدوثه بشكل ملحوظ في السنوات العشرين الأخيرة، وقد أُثبت أن هذا الازدياد راجع حصرا إلى تزايد التدخين. وازداد أيضا معدل الوفيات بسبب سرطان الثدي ازديادا طفيفا، ربما لأن النساء يَكُنّ أكبر سنا عندما يضعن مولودهن الأول. ولكن حدوث السرطانات الأخرى ومعدل الوفيات الناجمة عنها، ظلا على حالهما أو أنهما هبطا، في حين أنه لو كانت اتهامات مناصري البيئة صحيحة لكان لزاما أن يؤدي تزايد استخدام المنتجات الصناعية إلى ارتفاع بعض السرطانات على الأقل(46).

إن الأسباب الحقيقية للسرطان تكمن على الأرجح في غير هذا المجال. فظهور الورم القتامي (الميلانوم) مثلا في الجلد، ارتفع ارتفاعا حادا، لاسيما في كاليفورنيا وفي مناطق أخرى مشمسة، وذلك كما يبدو نتيجة التعرض المفرط للشمس، إذ وجد «دول» و «بيتو» تغيرات جغرافية واسعة في ظهور مختلف السرطانات.

فسرطان الجلد أكثر شيوعا بمئتي مرة في كوينزلاند بأستراليا (حيث يتعرض ذوو البشرة البيضاء للشمس كثيرا جدا) مما هو عليه في بومبي بالهند، حيث تحمي البشرة السمراء الناس من الشمس. وفي موزمبيق، ينتشر سرطان الكبد البدئي أكثر بمئة مرة مما هو عليه في إنجلترا، وربما كان السبب أن الإصابة بالتهاب الكبد B شائعة هناك، كما أن سرطان البروستاتة أكثر شيوعا بين الأمريكيين السود مما هو عليه بين سكان اليابان الأصليين بأربعين مرة، وذلك لأسباب مجهولة.

وسرطان الثدي في كولومبيا البريطانية أكثر شيوعا بسبع مرات مما هو عليه بين نساء فلسطين من غير اليهوديات. وسرطان المثانة في ولاية كونكتيكوت الأمريكية أكثر شيوعا بست مرات مما هو عليه في اليابان، وذلك لأسباب مجهولة. ولقد قادت هذه الاختلافات «دول» و «بيتو» إلى استنتاج أن هناك سرطانات عديدة ترتبط أسبابها بنمط حياة الناس التقليدية، وأن الكثير من السرطانات يمكن تجنبها فيما لو اكتشفت هذه الأسباب، وقد اكتشف اختصاصي الأورام الياباني تاكاشي سوجيمورا مثلا وجود مسرطن في اللحم أو السمك الذي سبق شيه على نار فحم الحطب، ورأى أن هذه النار هي مصدر رئيسي لسرطان الأمعاء(47). وفي رأيه أنه

يجب تجنب شوايات الفحم (باربكيو).

ويبذل الآن مجهود بحثي مكثف للكشف عن أسباب الأنماط المتنوعة الأخرى من السرطان ولإطالة أعمار المصابين به. وهذا المجهود يسير على ما يرام ولكن أرقام «كيرنز» تجعلني أتعجب: لماذا لا يبذل مجهود أكبر أيضا للإقلال من عدد الوفيات المبكرة (المقاربة لوفيات السرطان)، ومما هو أكثر حدوثا بكثير «العجز الجسدي»، الناجمين عن حوادث الطرق، علما أن المسائل المتصلة بهذا المجهود قد تكون أسهل بكثير وأقل كلفة من البحث عن حل المشكلات المتعلقة بالسرطان.

والحقيقة أن هناك على الأرجح حلولا عديدة لهذه المشكلة، ولكن الإرادة السياسية لتطبيقها غير موجودة. فحتى عهد قريب، كان البرلمان البريطاني يعتقد أن الإلزام بربط حزام الأمان، الذي نعلم أنه يخفض من إصابات حوادث السيارات، هو تقييد للحرية الشخصية، وكانت معظم السيارات في إيطاليا غير مجهزة بأحزمة أمان، ومن المعروف أن تحديد السرعة بـ 55 ميلا في الساعة، المفروض في ولايات أمريكية عديدة، يخفف كثيرا من الحوادث. ففي السنة التي تلت هذا التحديد صار عدد حوادث الطرق أقل بـ 9343 حادثا، أي بتخفيض قدره 17 في المئة، كما قدر أن إصابات الرأس المؤدية إلى الصرع كانت أقل بـ 90 ألف حالة، وحالات الشلل الناجمة عن إصابات الظهر أقل بـ 60 إلى 70 في المئة. وهذه الأرقام زودتني بها وزارة النقل البريطانية، ولكن لا بريطانيا ولا أي دولة أوروبية غربية أخرى اتبعت النموذج الأمريكي. كما زيدت حدود السرعة على بعض الطرق الأمريكية عام 1978.

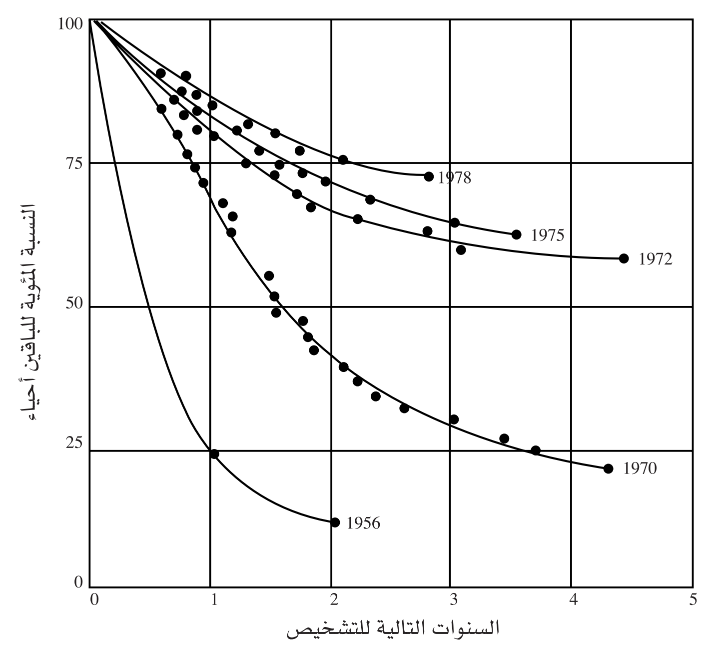
ولقد ربط الكثير من حوادث الطرق بتعاطي المسكرات (30 في المئة في بريطانيا)، في حين أنه يمكن تجنبها بمراقبة القيادة تحت تأثيرها مراقبة صارمة. وهكذا يبدو أن قتل الناس والتسبب بشللهم في حوادث المرور ليست كحقوق الحيوان، إنها مسألة غير سياسية، فتحديد السرعة والتدقيق على تعاطي المسكرات يسببان الاستياء باعتبارهما يقيدان الحرية الشخصية (لقد أدخلت إيطاليا الآن حدودا للسرعة قدرها 70 ميلا في الساعة على الطرقات الوحيدة الاتجاه، و55 ميلا في الساعة على الطرقات الأخرى. ولدى بريطانيا حدود للسرعة مماثلة، ولكن هذه الحدود لم تعد تطبق).

## العقاقير واللقاحات:

تتوقف معالجة السرطان والعديد من العلل الأخرى على تطوير عقاقير جديدة. وقد أتاح العلاج الكيماوي بالعقاقير التي تمنع الخلايا من الانقسام فرصة لإنقاذ حياة العديد من الأطفال المصابين باللوكيميا(*16). ففي مطلع الخمسينيات في أمريكا، كان يموت من السرطان سنويا 1900 طفل أعمارهم دون الخامسة. ولدى حلول عام 1985 انخفض هذا العدد إلى700، مما يعني أن ثلثي المرضى يمكن شفاؤهم نهائيا (الشكل 17). كما أصبح بالإمكان شفاء عدة سرطانات أخرى عند الشبان، فقد هبط عدد الوفيات من السرطان عند من هم دون الثلاثين من 10 آلاف إلى 7 آلاف في السنة.

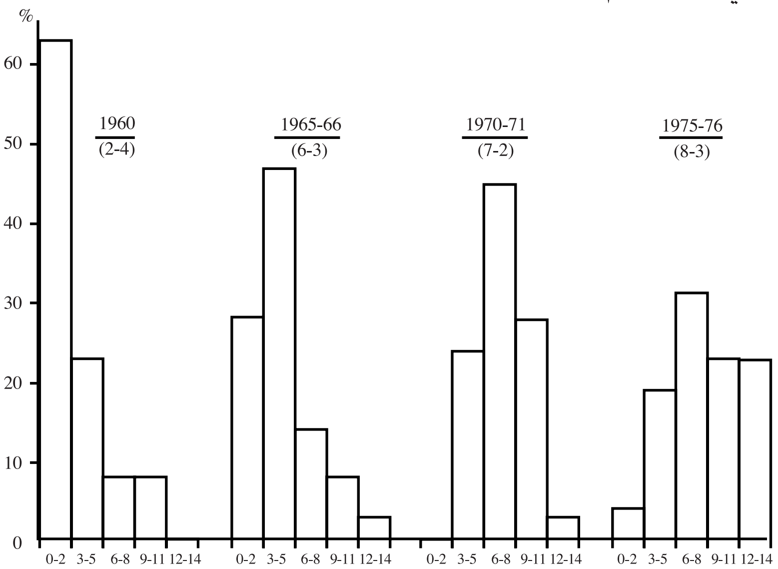
17- عدد سني بقاء الأطفال المصابين باللوكيميا على قيد الحياة في الفترة 1956-1978. لقد جعلت المعالجة الكيماوية بعض الأطفال المصابين باللوكيميا يعيشون مدة أطول. ففي عام 1956 ظل منهم على قيد الحياة بعد التشخيص 10 في المئة فقط. وحتى عام 1978 كانت النسبة قد ارتفعت إلى 75 في المئة.

Source: Denman Hammond at the Children's Cancer study Group, in John Cairns, "The Treatment of Diseases and the War Against Cancer", Scientific American 253 (November 1985): 31-39.



وبالمقابل، فإن الوفيات بسبب أكثر السرطانات شيوعا التي يبتلى بها الأكبر سنا لم تهبط إلا بالكاد في السنوات الخمس والعشرين الأخيرة(48). ويمثل هذا الواقع أكبر تحد أمام البحث والصناعة الصيدلانية.

ولكن هذه الصناعة شهدت منذ عهد قريب أحد أبرز نجاحاتها في مجال غير هذا، هو تطوير حاصرات بيتا beta Blockers، التي اكتشف أول واحدة منها جيمس بلاك في بريطانيا. ولبعض هذه الحاصرات بيتا فائدة في الذبحة الصدرية وتخفيق ضغط الدم، وواحدة أخرى (طورها بلاك أيضا) تجعل القرحات المعدية تتراجع بمنع المعدة من إفراز حمض كلور الماء. وكان علماء الصيدلة يجربون عقاقيرهم الجديدة. دائما على الحيوانات قبل تجريبها على الإنسان، فقد كان يعتقد أن هذا الإجراء (وحده) يحمي المرضى من التأثيرات السامة المحتملة، ولكن مأساة التاليدوميد thalidomide التي حدثت عام 1962 هزت ثقة الجمهور بالصناعات الصيدلانية، وأدت

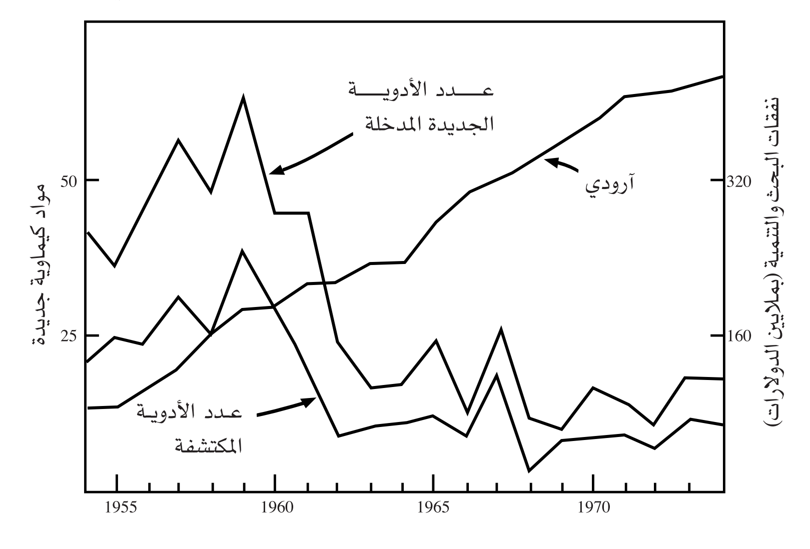



18- الفترة ما بين أول ترخيص للأدوية الجديدة في بريطانيا وإطلاقها عام 1960 حتى عامي 1975-1976. وتعطي الأرقام الموضوعة ضمن الأقواس الفترة المتوسطة.

Source: M. F. Steward, “Public Policy and Innovation in the Drug Industry“, in Proceedings of Section 10 (General) of the British Association for the Advancement of Science, 139th Annual Meeting, 1977, eds.Douglas Black and G. P. Thomas (London: Croom Helm, 1980).

إلى تشديد تدابير السلامة في معظم البلدان.

ولكن التقيد باتخاذ هذه التدابير صار مربكا في العديد من البلدان، ولا سيما الولايات المتحدة التي اعتادت أن تكون البلد الذي هو منشأ معظم العقاقير الجديدة، فالوقت اللازم ما بين نيل براءة اختراع تركيب جديد وتسويقه كان معدله في أوائل الستينيات ثلاث سنوات، وارتفع إلى سبع سنوات ونصف في أوائل السبعينيات، ثم وصل إلى تسع سنوات في عامي 1978 و1979 ويعود ذلك في الدرجة الأولى إلى زيادة إتقان التجارب وتعقيدها، وإلى زيادة اختبارات الأمان المطلوبة (ويظهر في الشكل 19 الفترات الزمنية الموازية في بريطانيا العظمى). فعلى سبيل المثال اكتشفت فعالية كربونات الليثيوم في علاج الاكتئاب الوسواسي في الخمسينيات، وحتى عام 1960 كان العقار قيد الاستعمال العام في أوروبا. أما في أمريكا، فلم تعتبره أي شركة منتجا اقتصاديا يستحق أن تجرى عليه الاختبارات المفصلة التي تطلبها إدارة الغذاء والدواء، لأن كربونات الليثيوم مركب لا عضوي بسيط،




19- اكتشاف عقاقير جديدة وإدخالها بكلفة تطوير العقار في الولايات المتحدة مقدرة بالدولار حسب قيمته عام 1958.

Source: H. G. Grabowski, J. M. Vernon, and L. G. Thomas, "Estimating the Effect of Regulation on Innovation: An International Comparative Analysis of the Drug Industry", Journal of Law and Economics 21 (1978): 133.

ولا يمكن ترخيصه وبيعه بحقوق استثنائية (خاصة). كما أخرت أيضا عوائق مماثلة إدخال حاصرات بيتا، وهكذا حكمت قوانين الغذاء والدواء على آلاف المصابين بالكآبة الوسواسية والأمراض القلبية بسنوات من المعاناة غير الضرورية.

على أن هذه القوانين نفسها تضافرت مع يقظة طبيبة بارزة هي هيلين توسنج، فأنقذت الولايات المتحدة من التاليدوميد. فالمراقبة الدائمة للعقاقير لمعرفة آثارها الجانبية الخطرة، وفرض سحبها بالقوة من السوق من قبل السلطات الشرعية هما أمران حيويان، فعلى سبيل المثال، اكتشف فريق من الصحافيين الباحثين البريطانيين أن بعض الشركات الدوائية المتعددة الجنسيات، لاتزال تسوّق عقاقير مؤذية في بلدان العالم الثالث، حيث النظام الدوائي ضعيف. ولا توجد رقابة على التأثيرات الضارة. كما أن العقاقير التي سبق أن حصر استعمالها أو سحبت من السوق في البلدان المتطورة بسبب تأثيراتها الجانبية الخطرة، هي الآن متيسرة وتباع بحرية في الأجزاء الأخرى من العالم، وقد اكتشف الصحافيون عدة ضحايا جعلتهم هذه الأدوية في حالة مرضية حرجة[49].

ويقال إن تطور اللقاحات وصناعتها وتسويقها قد أحبط بسبب الأضرار الفادحة التي لحقت عرضا ببعض الأشخاص عند استعمال بعض اللقاحات، مع أن هذه الحوادث نادرة جدا، ولكن اللقاحات لا تأتي بمكاسب كبيرة كالتي تأتي بها العقاقير المرخصة، لذلك يمكن لكلفة المقاضاة إذا ما أضيفت إلى كلفة الإنتاج أن تبعد اللقاحات عن السوق. ولقد كانت النتيجة أن عدد صانعي اللقاحات أخذ بالهبوط باستمرار، وهذا التراجع يسبب خطرا بالنسبة للصحة العامة أكبر مما تسببه الحوادث النادرة. لذلك قد يكون من الأفضل أن يقتصر التعويض على الضحايا حين يمكن إثبات وجود إهمال.

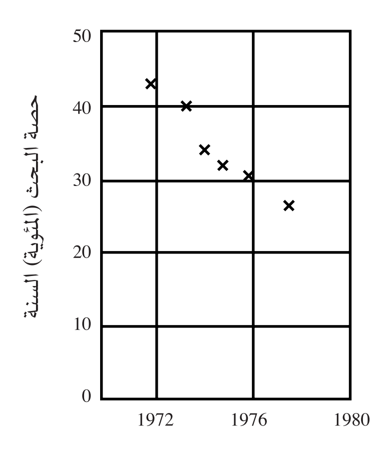
وفي الوقت الذي ازدادت فيه جوهريا صعوبة اكتشاف عقاقير جديدة، ظهرت أيضا قيود تشريعية أشد صرامة. فاليوم صار لابد من تركيب 7 آلاف مركب عضوي وسطيا قبل العثور على واحد مفيد من الناحية الصيدلانية، وهذا عدد ضخم مقارنة بـ 605 مركبات زرنيخية وجب أن يصنعها بول إرليش قبل أن يعثر على مركبه السحري المضاد لمرض السيفلس

(الزهري). ونتيجة لذلك ارتفعت كلفة طرح عقار جديد في السوق إلى خمسة أضعافها بلغة العملة الحقيقية ما بين عامي 1960 و1975، وهي الآن بحدود 50 مليون دولار. ولا تشكل كلفة الاختبارات الكيماوية والصيدلانية أكثر من ثلث هذا المبلغ الضخم، والباقي يصرف على سمية الدواء والتجارب السريرية وعلى تطويرات أخرى لابد منها لكي يكون بالإمكان طلب رخصة بالاستعمال.

وهكذا أخذ عدد الأدوية الجديدة المعروضة في الأسواق بالهبوط، في حين تستمر نسبة المال الذي يصرف على تطوير الدواء بالارتفاع على حساب البحث (الأشكال 20 ـ 22)[50].

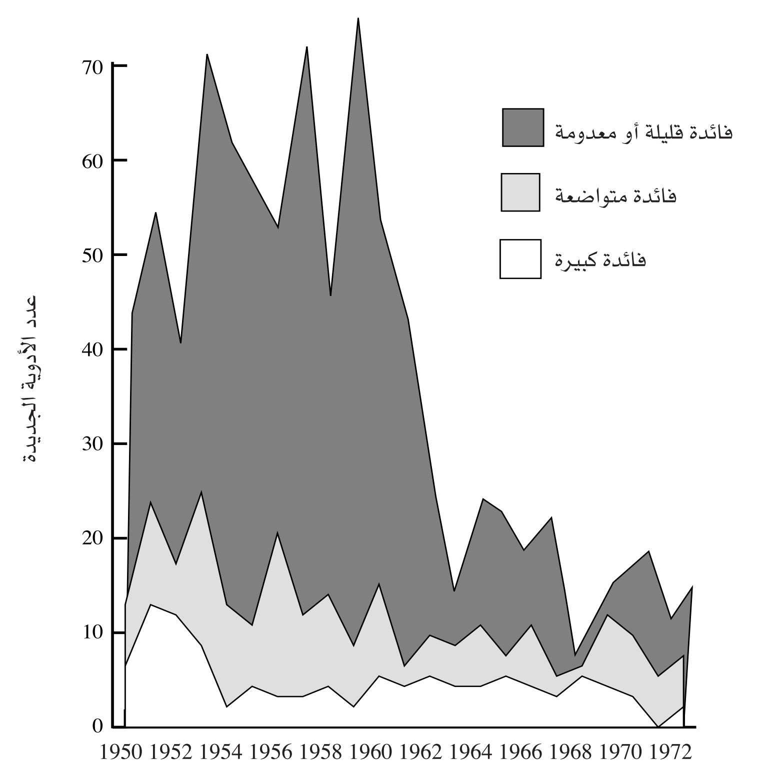
فالأدبيات الصيدلانية في الولايات المتحدة مطعمة بالتهجمات الحادة على إدارة الغذاء والدواء لكونها تعيق التقدم. في حين أن الإدارة ترد بأن رقابتها خفضت إنتاج الأدوية الجديدة غير المجدية تخفيضا جذريا، أما ارتفاع التكاليف وتزايد زمن التطوير فلهما أسباب أخرى.

حقا إن البحث عن دواء جديد عملية مكلفة، ولكن تحقيق تقدم في الصحة العامة في البلدان المتطورة والنامية أصبح سهلا ورخيصا عن طريق تعليم الناس تطبيق المعرفة المتوافرة. وقد أشار فوليميري رامالينغاسوامي (من مجلس البحث الطبي الهندي) إلى أن في بلاده أمراضا عديدة لا تزال أمراضا مقيمة ـ كتضخم الغدة الدرقية وجفاف العين وفقر الدم من سوء التغذية ـ مع أنه يمكن تجنبها بسعر رخيص جدا بتناول الملح




20- النسبة المئوية للمشاركة في البحث في موازنة (G.A. هوكست) للبحث والتطوير 1972-1980.

Source: Arzneimittel-Forschung in Deutschland, Pharama, Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie,Karlstrasse 21.6000 Frankfurt 1979-1980.




21- التصديق السنوي على عقاقير جديدة في الولايات المتحدة وجدواها 1950-1972.

Source: M. F. Steward, “Public Policy and Innovation in the Drug Industry“, in Proceedings of Section 10 (General) of the British Association for the Advancement of Science, 139th Annual Meeting, 1977, eds.Douglas Black and G. P. Thomas (London: Croom Helm, 1980).

اليودي (المضاف له اليود) والفيتامين A وسلفات الحديد. كما أن إسهال الأطفال شائع، مع أن تجنبه ممكن بسهولة بتناول السوائل عن طريق الفم ومعها خليط من السكر والملح. إن برامج التغذية الإضافية للأطفال لا تأتي بتأثيرها الكبير إلا إذا تعلمت الأمهات كيف يتجنبن سوء التغذية والمرض عند الصغار.

ولإيصال هذا النوع من الطب والمعارف البسيطة إلى الناس، بدأت الحكومة الهندية بتنفيذ مخطط للصحة الريفية يفترض فيه أن يزود كل قرية يزيد سكانها على 1000 شخص بعامل وحدة صحية يتم تدريبه لمدة

ثلاثة أشهر في مركز صحي ابتدائي مجاور للقرية. وما إن قدم عام 1985 حتى صار متوافرا لكل 5 آلاف شخص في عموم الريف عاملان صحيان (رجل وامرأة) متعددا الأغراض. وهذا المخطط مماثل لمخطط الأطباء الحفاة الناجح في الصين، ويناهض ما يبديه الأطباء المتدربون في المستشفيات عادة من ميل للاهتمام بتأسيس وحدات عناية مركزة مهيبة في المدن، أكثر من اهتمامهم بتنظيم خدمات صحية أولية لسكان الريف[51].

ولقد تحققت منظمة الصحة العالمية حديثا من أنه بالإمكان تحقيق خطوات واسعة في مجال الصحة العامة في بلدان متعددة، فيما لو تبنت تطبيق المبادئ الصحية الأولية التي كانت قد طورتها أوروبا قبل ظهور الطب الحديث (الشكلان 11 و 13). ولذلك شنت المنظمة حملة لتزويد كل إنسان حتى عام 1990 بماء نظيف وجعل كل شيء لديه نظيفا وصحيا.

وأعلنت مؤسسة الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسيف UNICEF) أن الأمراض المعدية التي يمكن الوقاية منها لاتزال تقتل ملايين الأطفال أو تتركهم مشلولي الجسم والعقل في البلدان الفقيرة. لقد أدخل التلقيح المضاد لشلل الأطفال إلى أمريكا منذ ثلاثين عاما، ولكن شلل الأطفال في العالم كله لا يزال يصيب ربع مليون طفل كل عام. فيقتل 25 ألف طفل ويترك الآخرين في شلل شديد أو خفيف، إن شلل الأطفال والحصبة والخناق والسعال الديكي والكزاز تقتل ما يقرب من 4 ملايين طفل كل عام. ولذلك بدأت اليونيسيف UNICEF بحملة تلقيح لجميع أطفال العالم ضد هذه الأمراض حتى حلول عام 1990. وقد بدأت الحملة في عام 1985 وأدت إلى تلقيح 18 مليون طفل.

ولا حاجة بنا إلى أن نذهب إلى العالم الثالث لكي نجد أطفالا غير ملقحين، لأن التلقيح الإلزامي ينظر إليه على نطاق واسع أنه تقييد للحرية المدنية، وإكساب المناعة في بريطانيا متاح مجانا ضمن الخدمات الصحية. ولكن خمس الأطفال غير محصنين من الخناق والكزاز وشلل الأطفال والحصبة الألمانية. وما يقرب من النصف ليسوا محصنين من الحصبة، وأكثر من النصف غير محصنين من السعال الديكي. والتلقيح في أمريكا أيضا غير إلزامي قانونيا، ولكن المدارس ترفض قبول أطفال ليسوا ملقحين، الأمر الذي يجعل التلقيح في الواقع إلزاميا.

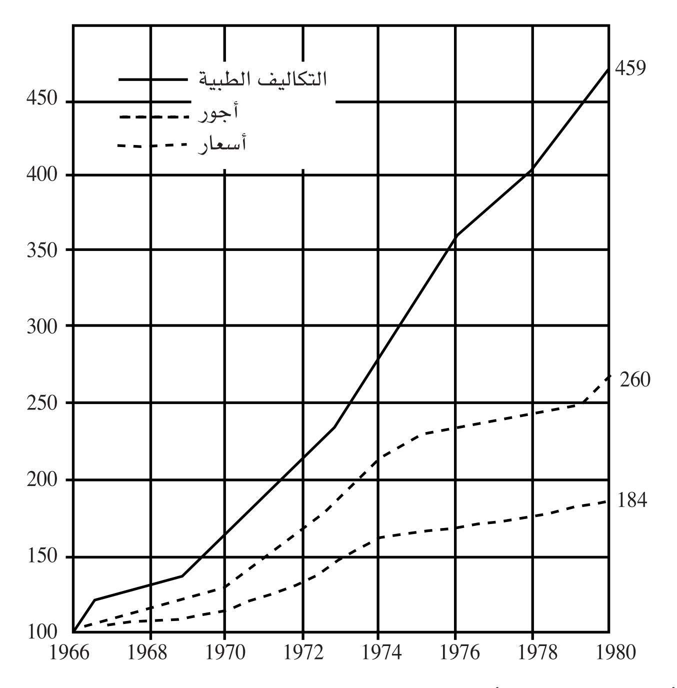
وهذا المطلب للأسف غير مطبق في بريطانيا، إذ على الرغم من توافر الخدمات الصحية الوطنية، تبقى نسبة مرتفعة من الأمراض التي يمكن معالجتها عند البالغين غير مشخصة، أو إذا شخصت فهي غير مراقبة مراقبة كافية. فعلى سبيل المثال نصف حالات داء السكري غير مشخصة أبدا، والداء عند نصف عدد هؤلاء الذين شخّص مرضهم ليس خاضعا باستمرار للمراقبة[52].

ومختصر القول أن جانبا كبيرا من الموت المبكر والعجز، سواء في البلدان المتطورة أو النامية، يمكن تجنبه فيما لو وجدت إرادة العمل وفق المعرفة المتوافرة. ولا يمكن تطوير الأدوية وأساليب المعالجة إلا إذا كانت لدى الجمهور رغبة في قبول قدر من المخاطرة، إذ لا يمكن شراء صفر من المخاطرة إلا بكلفة لا نهائية ـ هذا إن أمكن ذلك أصلا.

## التعمير (إطالة العمر) مكلف:

لقد بيّن الشكل 12 تزايد متوسط العمر المتوقع الذي وفرته لليابان القواعد الغربية في الصحة العامة والتغذية والطب. ويظهر الشكل 22 الجانب الآخر من هذا التطور وهو الارتفاع الهائل في التكاليف التي تترتب على العناية الطبية بأناس يشيخون بصورة متزايدة. ففي سويسرا يرتفع الإنفاق الطبي للشخص الواحد بسرعة تزيد مرة ونصف المرة على تزايد الأسعار، وبمرتين ونصف المرة على تزايد الأجور، وقد ارتفع المعدل السنوي لكلفة الوصفات الطبية المقدمة من قبل طبيب عام في بريطانيا بين عامي 1949 و1983 إلى أربعة أمثاله في حالة بالأسعار الثابتة، وفي الولايات المتحدة تضاعفت التكاليف الطبية إلى ثلاثة أمثالها في عشرة أعوام، واستهلكت عام 1983 نسبة11 في المئة من الإنتاج الوطني الإجمالي، وتسبب هذه الارتفاعات قلق الحكومات، وخاصة أن الطلب على المعالجة الطبية يفوق باستمرار ما يمكن تحصيله من التأمين الخاص أو الحكومي.

وهناك من ينتقد العلم بأنه يفرض على المنشآت الطبية باستمرار أدوات للتشخيص أكثر كلفة وأكثر تعقيدا. ولكن التشخيص السيئ أيضا يؤدي إلى خطأ في المعالجة، مما قد يسبب زيادة في النفقات. ففي بريطانيا مثلا يسأل المرء: ما الفائدة من تركيب أوراك صناعية لأناس مسنين مصابين




22- الأسعار الاستهلاكية والأجور والتكاليف الطبية للشخص الواحد المؤمن صحيا في سويسرا بين عامي 1966-1980. لقد ارتفعت التكاليف الطبية بحدة أكبر من ارتفاع الأسعار والأجور، ويعود ذلك جزئيا إلى تعمير السكان، إن الأعداد المدونة على اليسار (المحور الرأسي) تعطي الأسعار مقدرة بالنسبة لمستواها في عام1966 الذي اعتبر 100.

Source: Professor M. Schar, Zurich.

بداء المفاصل على نفقة الدولة. إن البديل لهذا هو أن يبقى المرضى طريحي الفراش وبحاجة إلى التمريض، الأمر الذي يكلف المزيد. وبالمقابل سيكون أرخص بكثير لو أدى البحث العلمي إلى اكتشاف سبب داء المفاصل وطرق الوقاية منه أو شفائه من دون جراحة. ولقد أنجز مثل هذا التقدم بفضل البحث في قرحات المعدة التي لم تعد تحتاج إلى إزالتها جراحيا، إذ يمكن إبقاؤها مكبوتة الآن باستخدام عقار جيمس بلاك المدعو سيميتداين cimetidine.

ولو نجح البحث العلمي في الوقاية من معظم أمراض الكهولة، لبلغنا الوضع المثالي، ولمات الناس بكامل صحتهم في سن مناسبة من الشيخوخة من دون أن يبدو عليهم كم بلغوا من العمر، ذلك لأن مدة حياة الإنسان، مثل

باقي الحيوانات، محدودة، حتى في حال غياب المرض، وأطول حياة موثقة بصدق هي 114 سنة. ولكن يمكن أن نسعى إلى حياة مدتها الطبيعية من 85 إلى 90 سنة، بحيث تصبح الوفاة قبل سن السبعين نادرة، ولو أمكن تجنب جميع أشكال السرطان أو شفاؤها، لارتفع متوسط أعمار أولئك الذين يموتون الآن من السرطان قبل الخامسة والستين 12 سنة، ولكن متوسط أعمار الناس جميعا يزداد عندئذ سنتين فقط، وهذا ما يظل هدفا بعيدا. لكن عدد الوفيات المبكرة في الولايات المتحدة وأستراليا، الناجمة عن جلطة الشريان التاجي (الإكليلي)، هبطت إلى النصف في السنوات الخمس عشرة الأخيرة، وربما كان ذلك بفضل تغيير التغذية والإقلال من التدخين والمزيد من التمارين الرياضية ومراقبة ضغط الدم. وليس صعبا أبدا الوقاية من مثل هذه الأمراض ببث الدعاية لطرق معيشة أفضل. وهذه الدعاية غير مكلفة، ولكن الطب الوقائي يحتاج غالبا إلى تمويل كان يمكن لولا ذلك تخصيصه للمعالجة. ويبين الجدول 4 مدى ما تبلغه تكاليف مختلف برامج الوقاية. ولو اتخذت التدابير اللازمة للتخفيف من حوادث السير لأمكن زيادة متوسط العمر المتوقع بما يعادل الزيادة في حال الوقاية من السرطان أو من أمراض الدورة الدموية، علما بأن هذه التدابير هي من أرخص التدابير. ثم إن كلفة سنوات الحياة التي ينقذها التشخيص المبكر ترتفع بتناسب عكسي مع عدد حالات الإصابة التي تم تشخيصها، ومن هنا كان ارتفاع هذه الكلفة من 1175 دولارا عند الاختبار الأول لسرطان الأمعاء إلى 47 مليون دولار عند الاختبار السادس، أي حين يصبح من النادر جدا اكتشاف حالات جديدة. وقد تكون الوقاية أفضل دائما من العلاج (درهم وقاية خير من قنطار علاج) ولكنها ليست بالضرورة أرخص. فقد تبين مثلا أن إجراء عملية للمصابين بتضيق الشريان الأبهر aortas أرخص من الكشف على الناس جميعا لأول بادرة لهذه الحالة. ومن غير المرجح نظرا لهذه التكاليف، أن تكون الدول، حتى أغناها، قادرة على تحمل تكاليف الكشف على معظم سكانها عند أول علامات السرطانات الشائعة والأمراض الأخرى الأكثر انتشارا. كما أنه ليس من المرجح أن يكون الكشف عاملا مؤكدا لتجنب هذه الأمراض. هذا عدا أن الكشف المتواتر قد يكون ضارا ومثيرا لحالات من العصاب.

**الجدول 4 – كلفة المعالجة الوقائية أو البحث عن مختلف أسباب الموت مقابل إطالة العمر سنة واحدة .**

| السبب | التدابير الوقائية أو البحث | تكلفة إطالة العمر سنة واحدة (بالدولار) |
|---|---|---|
| سرطان ، عام | دراسة حماية ممكنة بـــ بيتا – كاروتين | 100 |
| سرطان معوي | أول اختبار للدم في الغائط | 1175 |
| | سادس اختبار للدم في الغائط | 47 مليونا |
| سرطان الثدي | الفحص السنوي بأشعة X (السينية) | 5000 تقريبا |
| القصور الكلوي | تنقية الدم | 30 ألفا |
| انسداد الشريان التاجي | تحويل جراحي | 4000 |
| | الكشف على جميع متوسطي العمر من الرجال لمقدار تحمل التمارين (اختبار الجهد) واختبارات الثاليوم . | 22 – 35 ألفا |
| | الكشف عن الكولسترول عند الأطفال | 6400–3400 |
| قصور القلب والسكتة القلبية | الكشف عن ضغط الدم المرتفع ومداواته | 33–64 ألفا |
| حوادث السيارات | صناعة محسنة للسيارات وتنظيم مواصلات أكثر سلامة ، وهكذا . . . | 2000 |

المصدر : Richard Doll, Richard Peto, David Evered, Julie Whelan, eds., The Value of Preventive Medicine, CIBA Symposium No. 110 (London: pirman, 1985)

هل تزيد الوقاية من الموت المبكر عدد الأشخاص المسنين المعاقين عقليا وجسديا إلى حد لا يمكن احتماله ماليا؟ إن «دول» و «بيتو» يجادلان (في النص التالي) بأن هذا غير صحيح:

«يتضح من عمليات المقارنة بين معدلات الوفيات الناجمة عن مرض معين أو في عمر معين، في مختلف الدول، أن معظم الوفيات في متوسط العمر يمكن تجنبها. كما يتضح بالمثل أن معظم الأمراض التي تسبب الآن عجزا في سن الشيخوخة كمرض ألزهايمر Alzahaimer، والتغيرات في جريان الدم في الدماغ، والتهاب المفاصل الرثياني (الروماتزمي) سيكون من الممكن تجنبها (أو معالجتها) في نهاية المطاف مثلها مثل معظم السرطانات أو أمراض الأوعية الدموية، وذلك لعدم وجود سبب نظامي

يدعو لأن يكون إنقاص معدل الوفاة في سن معينة بسبب مرض ما مؤديا بالضرورة إلى زيادة هذا المعدل لمرض آخر. فقد تكون الوقاية من نوع معين من السرطان سببا في زيادة نوع آخر دون أن ندري. ولكن قد تكون أيضا وبالاحتمال نفسه سببا لنقصانه. إذ لا توجد بوجه عام، عند أناس من عمر واحد، رابطة إيجابية بشكل نظامي بين مرض وآخر. وإذا كان باستطاعة الطب الوقاية من أمراض لها معدلات هلاك مرتفعة، فلماذا لا يكون باستطاعته تجنب أمراض معدلات الهلاك فيها منخفضة؟ حقا إننا قد نجد أن بعض هذه الأمراض هي نتيجة تلقائية لكبر السن الذي لا يمكننا إرجاعه إلى الوراء، ولكن لماذا التشاؤم بهذا الشأن؟ لا شيء في التاريخ الغابر يشير إلى أن علينا أن نكون متشائمين»[53].

**تقانة المورثات (الجينات) والطب:**

لم يمض على وجود تقانة المورثات سوى خمسة عشر عاما، ومع ذلك فقد وجدت لها بعض التطبيقات الطبية المفيدة، وفي مقطع سابق حول «التقانة البيولوجية والهندسة الوراثية في الزراعة» شرحت لماذا لا يفكر أحد بالعبث في مجين[*17] genome الإنسان. ومع ذلك يمكن الآن دراسة هذا المجين بتفصيل دقيق. فمن الناحية المبدئية، يمكن عزل أي مورث من مورثات الإنسان واستنساخه (تنسيله) وفك شفرته.

كما يمكن صنع البروتين الذي يقوم هذا المورث بالتكويد له، وبأي كمية نحتاج إليها للأغراض الطبية.

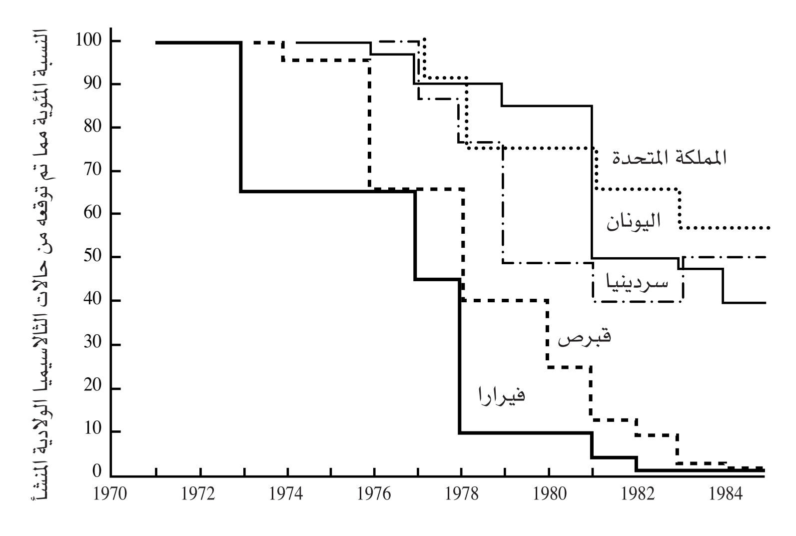
إن الأمراض الموروثة مسؤولة عما يقرب من ثلث عدد جميع نزلاء المستشفيات من الأطفال، وعما يقرب من نصف عدد جميع وفيات الأطفال دون سن الخامسة عشرة. وقد استنبط أطباء التوليد وعلماء البيولوجية الجزيئية أساليب لتشخيص حالة الجنين قبل الولادة، مما قلص كثيرا من عدد المواليد الذين يحملون أحد أقسى الأمراض الموروثة وأكثرها شيوعا[54]، وهو الثالاسيميا الرئيسية[*18] Thalassemia major. وهي نوع من فقر الدم شائع حول البحر الأبيض المتوسط وفي جنوب شرقي آسيا. والذين يحملون مورث هذا المرض، يولدون أصحاء إذا كانوا متخالفي اللواقح heterozygotic [أي يحملون مورثتين (متقابلتين alleles) إحداهما تورث المرض والثانية

تقاومه]. ولكن إذا كان الأبوان حاملين للمورث ومتخالفي اللواقح، فإن احتمال أن يولد لهما طفل مصاب بفقر الدم هذا (الأنيميا) هو واحد من أربعة (أي احتمال ولادة طفل غير مصاب هو ثلاثة من أربعة). ويمكن معرفة أن الأبوين يحملان المورث أو لا بإجراء تحليل كيماوي بسيط للهيموغلوبين (خضاب الدم) في كريات الدم الحمراء، أو للدنا الموجود في كريات الدم البيضاء.

فإذا كانا حاملين للمورث، عندئذ يكفي انتزاع خيط رفيع جدا من الغشاء المحيط بالجنين، البالغ من العمر ثمانية أو تسعة أسابيع، للحصول على ما يكفي من الدنا لتشخيص حالة الجنين إن كان قد ورث الثالاسيميا أو لم يرثها قط. لأنه قد يرثها من أب واحد وعندئذ سيولد سليما ومعافى، أو قد يرثها من الأبوين وعندئذ سيبتلى بدائها. فإذا كان الجنين قد ورث المرض من كلا الأبوين، صار باستطاعة هذين أن يقررا - إن أرادا - متابعة الحمل، أو إنهاءه والاستعداد لحمل آخر بولد سليم الجسم.

ولقد عانت طبيبة الأطفال برناديت مودل من الأسى بسبب الارتفاع الحاد في عدد الأطفال المصابين بالثالاسيميا للأسر القبرصية المقيمة في لندن. فنظمت، بمساعدة عدد من الزملاء المحنكين، عملية تشخيص قبل الولادة في مستشفى الكلية الجامعي. وسرعان ما طوقت عيادتها بالحوامل القبرصيات، وقد أثبت عملها نجاحا كبيرا حتى أن أطباء من بلدان البحر الأبيض المتوسط أتوا إليها للتدريب ليتمكنوا من إدخال التشخيص قبل الولادة إلى بلدانهم. ومع حلول عام 1983 أنقص تشخيص هذا المرض عدد المواليد المصابين بالثلاسيميا سنويا من 70 إلى 2 في قبرص، ومن 300 إلى 150 في اليونان، ومن 70 إلى 30 في سردينيا، وفي مدينة فيرارا الإيطالية نقص من 25 إلى صفر. أما في إيطاليا بمجموعها فقط هبط العدد بنسبة 60 في المئة وفي سردينيا بنسبة 70 في المئة (الشكل 23)[55].

ولنلاحظ أن حوادث ولادة أطفال مصابين بالثالاسيميا في سردينيا عادت فارتفعت عام 1984، وذلك لأن المسؤولين عن الصحة فشلوا في تمويل حملة التوعية الضرورية في القرى النائية. كما أن عدد المواليد المصابين بالثالاسيميا في المملكة المتحدة وفي البلدان الواقعة شمال غرب أوروبا لم ينقص كثيرا حتى الآن، ذلك لأن المرض منتشر فقط بين الأقليات




23- تناقص عدد المواليد المصابين بالثالاسيميا (نتيجة للتشخيص السابق للولادة) في كل من مدينة فيرارا الإيطالية، وجزيرتي قبرص وسردينيا في البحر الأبيض المتوسط، واليونان والمملكة المتحدة.

إن هذه الأعداد هي نسب مئوية من الأعداد المتوقعة على أساس تكرار المواليد المصابين بالثالاسيميا في عام 1970 الذي اعتبر 100.

Source: Report of the World Health Organization European/Mediterranean Working Group on Haemoglobinopathies, Brussels: 14 March 1986: Paris: 20-21 March 1987).

القومية القادمة حديثا إلى هذه البلدان والموزعة على عدد قليل من المدن الصناعية، كما أنه لم توضع موضع التنفيذ سياسات وطنية لاستئصال هذا المرض.

يعتقد كثيرون أن قتل جنين الإنسان خطيئة أخلاقية حتى لو كان سينمو متخلف العقل والجسم ومحكوما عليه بعذاب مديد. فالتعاليم الكاثوليكية تؤمن بأن هذا العذاب يجب تحمله لأجل المسيح الذي تألم لأجل الإنسان. ولكن هذه الأحكام الأخلاقية يفوتها أن تأخذ بعين الاعتبار الأسى الذي تسببه تربية مثل هذا الطفل (المعاق حتى الشلل) للأسر المنكوبة. بل إن أعباءه الكثيرة على الأم قد تجعلها تهمل زوجها وأولادها الآخرين، كما قد تنعدم الرغبة لدى الزوجين في الحصول على أطفال آخرين خوفا من أن يكونوا مثله. ومن المحتمل أن تعمل هذه التوترات إلى جانب ما يلزمها من

أعباء مالية على تحطيم العائلة بأكملها. لذا أعتقد أن على الكنيسة والأحزاب السياسية والدولة أن يتركوا للآباء قرار إجراء تشخيص سابق للولادة إن أرادوا ذلك، وأن يجيزوا لهم تحمل مسؤولية إنهاء الحمل إذا اختاروا ذلك اختيارا مبنيا على علمهم بالوضع.

وربما كانت أقوى حجة تدعم هذه السياسة هي التي هي نستقيها من ملاحظة أن الأزواج الذين سبق لهم أن حصلوا على ولد مصاب بالثالاسيميا من دون أن يلجأوا عند الحمل إلى التشخيص المسبق، يسعون لئلا ينجبوا أطفالا آخرين. فالأزواج القبرصيون مثلا الذين أنجبوا طفلا مصابا بالثالاسيميا ولم يلجأوا إلى التشخيص المسبق عند الحمل، كان لديهم ما معدله ولد في كل 47 سنة من الزواج، أما الأزواج الذين لجأوا إلى التشخيص المسبق فقد كان لديهم ما معدله ولد سليم كل 4,6 سنوات من الزواج[56].

ويولد في الولايات المتحدة كل عام من 70 إلى 80 طفلا مصابين بالثالاسيميا الرئيسية ونحو 1000 طفل أسود مصابين بالأنيميا المنجلية (فقر الدم المنجلي)، وهي نوع خطير آخر من أمراض الدم. ولكن عدد المواليد المصابين بالثالاسيميا، آخذ بالتناقص. وهذا يعود في جزء منه إلى التشخيص أثناء الحمل، وفي الجزء الآخر إلى تزايد التزاوج بين اليونانيين والإيطاليين من جهة والفئات العرقية الأخرى من جهة ثانية[57]. أما المواليد المصابون بالأنيميا المنجلية فلا يوجد دليل بعد على تناقص عددهم، وربما كان ذلك ناشئا عن أن الإعلام حول التشخيص السابق للولادة لم ينتشر بعد بين تجمعات السود السكنية. وقد أثبتت تجربة البحر الأبيض المتوسط أن حملة التوعية المتعلقة بالخدمات السابقة للولادة، يمكن أن تخفض بصورة حادة عدد المواليد المصابين بالأنيميا المنجلية، ولكنها ترفع عدد المواليد الأصحاء الذين يحملون مورثا مقابلا (أليلا) allele gene واحدا للخلايا المنجلية.

ثمة أمراض وراثية لا يمكن حتى الآن تشخيصها عند الأطفال قبل ولادتهم، ومن الأمراض التي يمكن تشخيصها قبل الولادة: أعراض الكآبة[*19] والشفة الأرنبية[*20] وتليف المثانة[*21]، كما أن مرض الناعور (عدم تخثر الدم) وبعض أنواع نقص التغذية العضلية يمكن تشخيصها أيضا. ولكن هذه الأمراض تظهر غالبا نتيجة طفرات جديدة عند الأطفال المولودين

لأبوين سليمين، ولا تصبح واضحة إلا بعد الولادة.

والآن هل ستشفي المعالجة الجينية الأمراض الموروثة؟ إن معظم الأمراض الموروثة هي نتيجة طفرات تشوش أو تخرب وظيفة أحد البروتينات الأساسية. ولمساعدة المرضى، ينبغي إدخال: إما البروتين المفتقد نفسه إلى الجسم (فمثلا يمكن في حال مرض الناعور إدخال العوامل المفتقدة التي تخثر الدم إلى الدم عن طريق الحقن)،وإما عن طريق إدخال المورث اللازم لتكويد[*22] البروتين الناقص بطريقة تجعله يتآلف في مركب واحد مع أنسجة المريض.

ولكي تنجح هذه الطريقة، لابد من أن يرتبط المورث أولا بصبغيات (كروموزمات) المريض وإلا فقد أو تحلل. وللقيام بهذا الارتباط يجربون الآن الطريقة التالية: يربط المورث المطلوب بصبغي أحد الفيروسات. وحين يخمج[*23] هذا الفيروس شخصا ينقل كامل صبغيه إلى داخل نوى بعض خلايا هذا المريض. فمن المفروض عندئذ أن تركب هذه الخلايا البروتين المطلوب. ولكن لابد أولا من تجنب أن تصبح هذه الخلايا مخموجة بالفيروس نفسه، لذلك تستأصل من صبغي هذا الأخير المورثات اللازمة لتكاثره ولتحقيق تأثيراته الممرضة. إن هذه الطريقة صعبة وغير مضمونة، لأن نقل دنا الفيروس إلى نواة خلية إنسان هي عملية خاضعة للمصادفة، ولا توجد حتى الآن طريقة تضمن أن يرتبط المورث المفتقد قطعا بالوضع السليم على الصبغي الصحيح للإنسان، إذ قد يرتبط بأي مكان آخر غير السليم، وعلى أي صبغي من الخمسة والأربعين[*24] الأخرى (غير المقصودة)، ومع ذلك فقد سبق أن أجريت هذه العملية على فأر.

ويجرب الآن عدد من علماء الطب الأمريكيين هذه الطريقة على أطفال يعانون من مرضين هما من أسوأ وأصعب الأمراض الموروثة علاجا: عوز نازعة آمين الأدينوزين[*25]، الذي يشل نظام المناعة، وأعراض متلازمة ليخ ـ نيهان Lesch-Nyhan syndrome التي تجعل الطفل يشوه نفسه، كأن يقضم أصابعه. لقد انتزع العلماء قليلا من نِقي (نخاع) عظم هؤلاء الأطفال وحضنوه مع الفيروسات الحاملة للمورثات الناقصة، ثم أعادوا هذه الخلايا «المحورة» إلى نِقي الأطفال. وهكذا لم يدخلوا الخمج الفيروسي في المريض، وإنما خارج جسمه وفي خلايا مأخوذة من المريض، ولكن فقط بعد أن

جعلوا الفيروس غير مؤذ. فمن المفروض أن تتضاعف هذه الخلايا المحورة وأن تزود الجسم بالبروتين المفقود بمجرد إعادتها إلى نقي العظم.

فهذه الطريقة تشبه تلك المستخدمة في إعادة زرع نقي العظم في حال اللوكيميا (ابيضاض الدم). ففي هذه الحالة يقتل نقي العظم المسرطن بجرعة (مميتة) من الإشعاع، ثم يوضع مكانه نقي عظم سليم من أحد المتبرعين. لذا لا مبرر لإدانة هذه المحاولات بدعوى أنها مجرد عبث بمجين الإنسان كما ادعى خصوم الهندسة الوراثية. ولكن هذه المحاولات تجازف فعلا بالتعرض لأخطار بعيدة المدى، إذ من الممكن أن يصبح الصبغي الفيروسي الناقص مخمجا عند اتحاده مع صبغي آخر كصبغيات فيروسات غير مكتشفة أو مع أجزاء من دنا المريض، أو من الجائز أن ينشط الصبغي الفيروسي الناقص عرضا أحد مورثات المريض السرطانية، ولهذه الأسباب كلها لا تجرّب المعالجة الآن إلا على أطفال إصابتهم سيئة جدا. وحتى الآن كانت المحاولات غير ناجحة، لأن المورثات المدخلة حديثا أخفقت في تحفيز تركيب كميات ذات قيمة من البروتين المطلوب.

وهناك محاولة غير هذه نجحت في بعض الحالات، وهي إعادة زرع نقي عظم مأخوذ من قريب صحيح الجسم. فقد نجح العلماء حديثا بتكوين نموذج فأري لأعراض متلازمة ليخ ـ نيهان مكون من خلايا جنينية تفتقر للمورث الخاص بالإنزيم الناقص في حالة هذا المرض. وقد عالجوا هذه الخلايا بدنا DNA يحوي المورث المطلوب ومكون بطريقة تجعله لا يستوطن إلا في الهدف الصحيح، أي في الموضع الذي كان فيه هذا المورث ناقصا من صبغي الفأر. وقد نجح هذا النقل المسدد في نحو خلية واحدة من أصل كل مليون خلية معالجة، فقوى الآمال في إمكان تطبيق النقل على خلايا نقي العظم عند الإنسان[58].

وهناك أيضا أمراض وراثية، كمرض هنتينجتون المسمى الرُّقاص[*26] وهذه الأعراض ليست ناشئة عن غياب بروتين معين أو عدم قيامه بوظيفته، بل ناشئة عن تأثيرات ممرضة لبروتين غير سوي هو نتاج مورّث غير سوي، إن هذا المورث يمكن من الناحية النظرية تجميده (أي توقيفه عن العمل)، ولكن لا توجد إلى الآن طريقة عملية لفعل ذلك.

من المتوقع، إذا نجحت المعالجة الجينية، أن تبدأ مكلفة، ولكنها سرعان

ما تصبح أرخص من العناية بمدى الحياة بالمرضى الذين يعانون من هذه الاضطرابات. إن اختيار الأطفال الذين سيعالجون، وموافقة آبائهم على ذلك، وتمويل المعالجة، هذه كلها تثير على الأرجح مشكلات على مستوى أخلاقي. وقد قام فريق عمل في أمريكا، يتكون من ثلاثة علماء في الطبيعة، وثلاثة أطباء وثلاثة مختصين بالأخلاق، وثلاثة محامين، وسياسيين، ورجل عادي، بالنظر في هذه المسائل، وقد نشرت استنتاجاتهم القاسية والعطوفة، وهي تصلح لأن تكون نموذجا لبلدان أخرى تواجه هذه المشكلات نفسها[59]. إن المعالجة الجينية لبيضة إنسان مخصبة غير واردة، لأنها لا تنجح إلا في جزء من البيضات المعالجة، في حين أن العديد منها يمكن أن ينتهي إلى ولادات غير طبيعية.

لقد حققت تقانة المورثات (التقانة الجينية) لأبحاث السرطان أعظم تقدم منذ عام 1910، عندما اكتشف بيتون روس أول فيروس سرطاني في الدجاج. فقد اكتشف علماء البيولوجيا الجزيئية أن مسؤولية سرطان الدجاج تقع على عاتق مورث واحد لا غير، إذ ينتقل هذا المورث من صبغي الفيروس إلى أحد صبغيات الدجاج المضيفة بعد الخمج (العدوى)، والأمر نفسه ينطبق على الفيروسات المسببة لسرطان الحيوانات والطيور.

وقد ظُنّ في بادئ الأمر أن هذه الدراسات أحرى بها أن تكون مجرد دراسات أكاديمية، لأنه لم يكن معروفا إلا عن بعض سرطانات قليلة لدى الإنسان، أنها من منشأ فيروسي، ولكن البحث في هذا الاتجاه سرعان ما أدى إلى اكتشاف وضعنا في موضع قريب من فهم الأساس الجزيئي لبعض سرطانات الإنسان الرئيسية. فقد اكتشف علماء البيولوجيا الجزيئية مورثات من صبغيات الإنسان قريبة الشبه جدا بمورثات السرطان الفيروسية. فيمكن لطفرات تلقائية أن تحول هذه المورثات الطبيعية إلى مورثات سرطانية، بحيث تتطابق [على المورثات] المواضع التي تحدث فيها الطفرات مع المواضع التي تجعل المورثات الطبيعية عند الإنسان مختلفة عن المورثات الفيروسية السرطانية. أما وظيفة هذه المورثات الطبيعية عند الإنسان، فمازالت غير معروفة. ولكن يبدو أن العديد من هذه المورثات يتحكم في تركيب للبروتينات التي تحض على انقسام الخلية أو تعمل مستقبلات للبروتينات التي تقوم بهذا التحريض. لذا يمكن للطفرات التي تطرأ على

هذه المورثات أن تتيح لانقسام الخلية أن يفلت من زمام الرقابة. ويحدونا الأمل اليوم في أن نتعرف سريعا الآلية الجزيئية المضبوطة التي تحول الخلايا الطبيعية إلى خلايا سرطانية. وليس ضروريا أن تؤدي هذه المعرفة مباشرة إلى معالجة السرطان بطريقة أفضل، ولكنها أول شيء نحتاج إليه لمعالجة أفضل. فبحوث السرطان كانت حتى الآن تتلمس طريقها في الظلام[60].

ويمكن لتقانة المورثات أن تفضي حالا إلى معالجة جلطة الشريان التاجي، إذ تحوي أنسجة الإنسان كميات ضئيلة من بروتين يدعى منشط البلاسمينوجين plasminogen activator (TPA)، الذي يعمل على تذويب الجلطات الدموية، وقد عزل علماء الكيمياء الحيوية المورث الذي يكوّد تركيب هذا البروتين واستنسلوه وأدخلوه في البكتيريا القولونية coli bacteria سمول أو في الخميرة، أو في خلايا مأخوذة من الثدييات ويمكن أن تنمو بالزرع، وجعلوها تنتج البروتين المذكور بكميات وافرة، ويصنع الآن هذا البروتين (TPA) في عدد من الشركات المهتمة بالمورثات، ومن المرجح أن يعم استعماله لتذويب الجلطات الدموية في الشريان التاجي وفي حالات الانسداد الأخرى حالما تكون إدارة الغذاء والدواء (الأمريكية) قد أجازته[61]. كما تحاول هذه الشركات نفسها جعل بكتيريا الخميرة أو بكتيريا القولون تقوم بتصنيع العامل المخثر للدم الذي يفتقر إليه مرضى الناعور. واليوم تعزل هذه المادة (أو العامل) من دم الناس المتبرعين. ولكن هذا الدم قد يحمل خمجا فيروسيا (عدوى فيروسية). فالذي حدث لسوء الحظ أن هذه الجهود لم تبدأ إلا بعد أن أصيب العديد من مرضى الناعور بفيروس الإيدز، ويقال إن ثلاثة أرباع مرضى الناعور في بريطانيا كانوا قد أصيبوا بعدوى الإيدز من مستحضرات عوامل تخثير الدم المستوردة من الولايات المتحدة.

لقد صار من الممكن، بعد اكتشاف كارل لاند شتاينر للزمر الدموية في بداية هذا القرن، دحض القرابة بين طفلين ـ ولكن ليس إثباتها. وقد صيغت بعض القوانين وفقا لهذا الاكتشاف. كما اكتشف عالم الوراثة أليك جيفريز حديثا أن صبغيات الإنسان تحوي شدفا (قطعا) من الدنا تختلف فيها تعاقبات أسس النوكليوتيدات من فرد إلى آخر. فالتحليل الكيميائي لهذه

القطع يبرز نمطا مميزا من سلاسل النوكليوتيدات الموروثة من الأب والأم على حد سواء. فإذا تطابق نصف سلاسل الطفل مع نصف سلاسل الأب المدعي للبنوة، عندئذ يستبعد بكل طمأنينة إمكان أن يكون أي شخص آخر أبا للطفل[62]. وفي الدعاوي القضائية، يساعد تحليل الدنا المستخرج من آثار الدم أو الجلد أو من المني على إثبات جرم المتهم أو دحضه بكل يقين، ففي انجلترا أدت هذه الطريقة حديثا إلى إثبات براءة رجل كان قد أدين وسجن بتهمة القتل والاغتصاب. إن أكثر المسائل إلحاحا اليوم أمام الهندسة الوراثية هي البحث عن لقاح لوقف وباء الإيدز. فالتلقيح المضاد لفيروس شلل الأطفال، لم يصبح ممكنا إلا بعد أن اكتشف البيولوجي الأمريكي ج.ف. إندرز كيف يزرع (يستنبت) هذا الفيروس في مزارع مكونة من خلايا أجنة الدجاج. أما فيروس الإيدز الذي كان أول من عزله لوك مونتانييه في معهد باستور بباريس عام 1983، فلا يزرع إلا في خلايا متخصصة من دم الإنسان (هي الكريات البيضاء التائية) التي لا يمكن أن تزرع على نطاق واسع. فضلا عن ذلك ستكون هذه الزراعة خطرة جدا، أما تقانة المورثات فتفتح طريقا أسهل.

ولقد وجد علماء الفيروسات والبيولوجيا الجزيئية ذلك الفيروس مغلفا بستين نسخة متطابقة من بروتين غلافي (غمدي). وهذا البروتين هو أول ما «يراه» جهاز المناعة من الفيروس عند العدوى به. فمن المفروض أن يكون هذا البروتين قادرا على تحريض جهاز المناعة على إنتاج أجسام مضادة مناهضة للفيروس. وقد عزل العلماء المورث المكوّد لهذا البروتين، واستنسلوه ووصلوه بصبغي الفيروس العضوي، وعندما خمجت (infeded) بعض اليرقانات بهذا الفيروس، أنتجت كميات وافرة من البروتين الغلافي. لكن التجارب التي أجريت على الحيوانات أثبتت أن هذا البروتين بكل كمياته هو مستضد[*27] ضعيف لا غير. وقد رفع و. ف. جارينت (جامعة جلاسكو) من قدرة هذا المستضد على الإثارة ألف مرة بأن امتزه adsorb على سطح جسيم فحم هدروجيني مستخرج من لحاء شجرة من جنوب أمريكا، فأصبح الجسيم الممتز أشبه بفيروس كروي صغير. وهذه تقنية جديدة أدخلها عالم المناعة السويدي ب. مورين وآخرون. فالذي «يراه» جهاز المناعة على سطح هذا الجسيم (الشبيه بالفيروس) هو العديد من جزيئات بروتين غلاف

الفيروس المتراص بعضها إلى جانب بعض وكأنها فيروس حي، ولذلك يكون رد فعله عنيفا. وهناك لقاح آخر طور في الولايات المتحدة، ويتكون من فيروس جدري البقر الذي يحمل إضافة إلى موروثاته الخاصة، المورث الذي يكوّد[*28] بروتين غلاف فيروس الإيدز، ولذلك لابد أن يكون سطحه مغطى بنسخ عديدة من هذا البروتين. ولقد صنعت هذه اللقاحات لتواجه فيروس عوز المناعة ضد القردة، وهو يشبه ذاك الذي يصيب الإنسان. وقد أظهرت هذه أجساما مضادة، ولكن هذه الأضاد أخفقت في حماية القردة من عدوى ثانية بالفيروس، ولم تفهم أسباب هذا الفشل. وفي المدى المنظور لا يتوقع توافر لقاح للإيدز.

على أن تقانة المورثات تؤدي إلى تطور لقاحات آمنة مضادة للملاريا ولأمراض مدارية أخرى لمنفعة الصحة العامة في أنحاء عديدة من العالم.

## هل أطاح العلم بإنسانية الطب؟

لقد تحرر الكثيرون الآن من أوهامهم بشأن الطب الحديث، وذلك على الرغم من نجاحاته الباهرة، ويتهمون العلم بأنه جرده من إنسانيته. وتعود أصول هذا الاتهام إلى ممارسة سابقة للطب كما وصفها لويس توماس في سيرته الذاتية (العلم الأجد). فقد نشأ توماس ابنا لجراح عام في مدينة صغيرة بجزيرة نيو إنجلاند، وصار طالبا في مدرسة هارڤارد للطب في ثلاثينيات هذا القرن[63].

وعندما اصطحبه والده في جولاته، أخبره أنه قلما كان قادرا على تقديم يد العون للعديد من الأشخاص الذين كانوا يطلبون مساعدته. فقد كانت معظم الأمراض تقتل أناسا وتترك آخرين، ولو كنت من هؤلاء المحظوظين لظننت أن الطبيب هو الذي أنقذك. وكانت الأدوية التي يحملها والد توماس مجرد أدوية وهمية[*29]، أو مقويات أو خلائط لانفع فيها ولا ضرر كإكسير الحديد والإستراكنين والكينين. وحين دخل لويس توماس الشاب مدرسة الطب، علموه كيف يشخص الأمراض من أعراضها ومما يظهر في المختبرات. أما المعالجة فلم تكن تشكل سوى جزء صغير من منهاج الدراسة. كما علموه أن ما يريد أن يعرفه الزبائن المرضى هو اسم مرضهم وسببه المحتمل، وما هي الأطوار المرجحة التي يمر بها. وعندما

أصبح طبيبا مقيما، بدأ هو وزملاؤه يتحققون من أنه لم يكن باستطاعتهم أي شيء لتغيير مجرى معظم الأمراض التي كانوا يشخصونها «إن بقاء المريض حيا أو موته كان يتوقف على التاريخ الطبيعي للمرض نفسه، وليس على الطب الذي لم يكن يغير من الأمر كثيرا».

وكان وليم أوسلر الأستاذ العظيم للتشخيص الكلاسيكي، أستاذا للطب في جامعة جونز هوبكنز في عام 1900، ثم صار فيما بعد أستاذا للطب في جامعة أوكسفورد، وقد كتب عنه رنيه دوبوس أنه «ظل حتى آخر حياته لا يتزحزح عن اعتقاده بأن الطب لا يمكن تعلمه إلا بجانب السرير، وأن أهم جانب فيه هو فن إقامة الشكل الصحيح للعلاقة بين الطبيب والمريض. وعند أوسلر أن الإيمان بالآلهة والقديسين يشفي شخصا، والإيمان بحبات الدواء الصغيرة يشفي شخصا آخر، والإيحاء بالتنويم المغناطيسي يشفي ثالثا، والإيمان بطبيب عام يشفي رابعا[64]. وعندما وصلت إلى إنجلترا عام 1936 كان يعتبر أسلوب جانب السرير هو الأسلوب الأمثل في مهنة الطب».

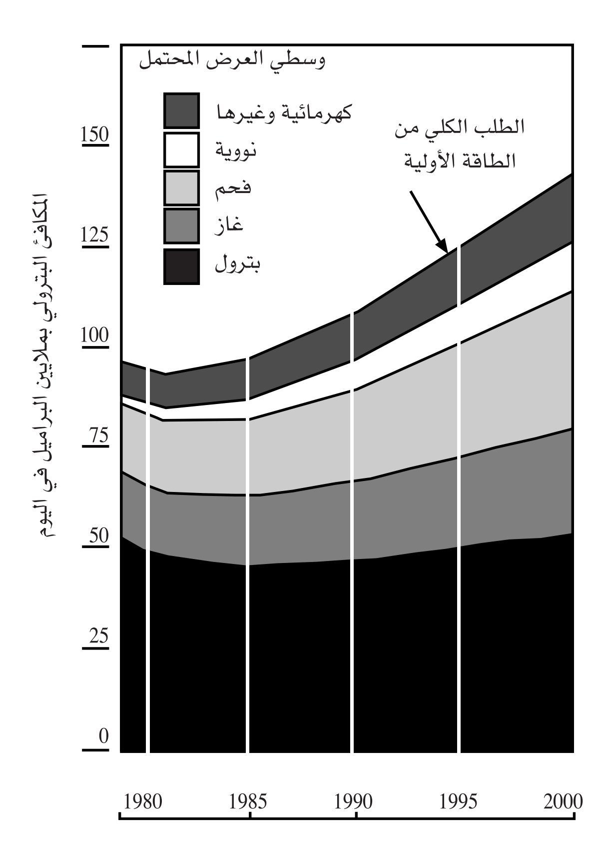
ولقد حولت خطوات التقدم الواسعة، التي تحققت في السنوات الخمسين الماضية، تعليم الطب نحو التأكيد على الأساليب العلمية للتشخيص والمعالجة. وفي بعض الأحيان نحو إهمال العلاقة الشخصية بين الطبيب والمريض التي كانت موجودة من قبل. فكانت النتيجة أن الأطباء يمكن أن يشخصوا المرض، ولكنهم يفشلون في اكتشاف السبب الذي لا يمكن أن تكشف عنه سوى معرفة المريض الشخصية، أي تلك التي كان يملكها طبيب العائلة على الطريقة القديمة، فضلا عن ذلك، يمكن لكثرة الآلات التي يُكره المرضى على احتمالها، أن تجعلهم يشعرون بأنهم آلات يتفحصها مهندسون، وردا على هذه الهواجس قامت مدارس الطب بإحداث تغييرات في تعليمها، إذ يستفيد الأطباء العموميون من معونة مستشارين مدربين لتخفيف الصدمات التي تكمن وراء بعض أعراض مرضاهم، كما تستخدم المستشفيات مرشدين اجتماعيين وأطباء مدربين على العمل الاجتماعي لاكتشاف بعض المحن التي مر بها مرضاهم في تاريخ حياتهم الشخصية. وهذه التدابير تسير بطريقة ما نحو استعادة التوازن بين الطب القديم والطب الحديث. ولكن تبقى هناك حالات تمتنع عن الاستجابة للمعالجة العلمية، ويمكن في بعض الأحيان شفاؤها (أو تسكينها) عن طريق الإيمان.

## العلم والطاقة

### مصادر الطاقة

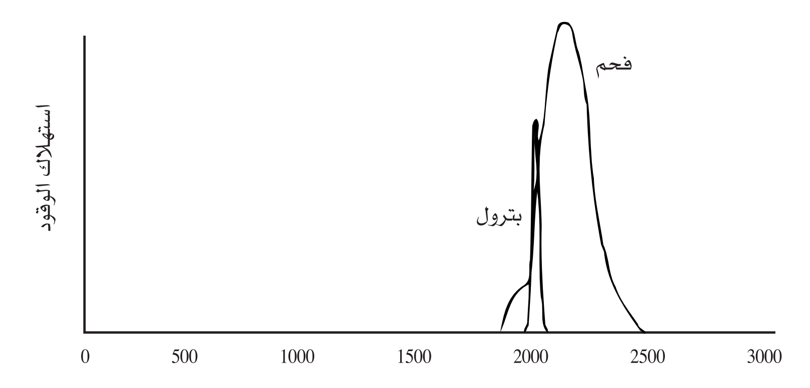
تقوم حضارتنا على طاقة رخيصة من الفحم الحجري والبترول والغاز الطبيعي. وهذه كلها يمكن تحويلها بسهولة بقصد الاستعمال الذي يزداد معدله باستمرار (الشكل 24). كما أن الفحم والبترول قد صنفا من المواد الأولية لكثير من أساسيات الحياة العصرية التي تنتجها الصناعة الكيماوية. ولكن كم ستدوم هذه المواد؟ يتضح من الشكل (25) أن وفرتها لا تشير إلى أكثر من برهة في تاريخ الإنسان.

يزودنا البترول اليوم بنصف الطاقة اللازمة للعالم تقريبا، ونرى في الشكل (26) تقديرا حديثا لإنتاج العالم من البترول في المستقبل، أعده




24- الطلب العالمي على الطاقة ومتوسط المخزون الممكن لكل نوع منها (الفترة 1980-2000) باستثناء الاتحاد السوفييتي وأوروبا الشرقية والصين.

Source: U.S. Department of Energy Information Administration, Annual Energy Out nlook, 1984. DOE/ EIA=0383 (84).

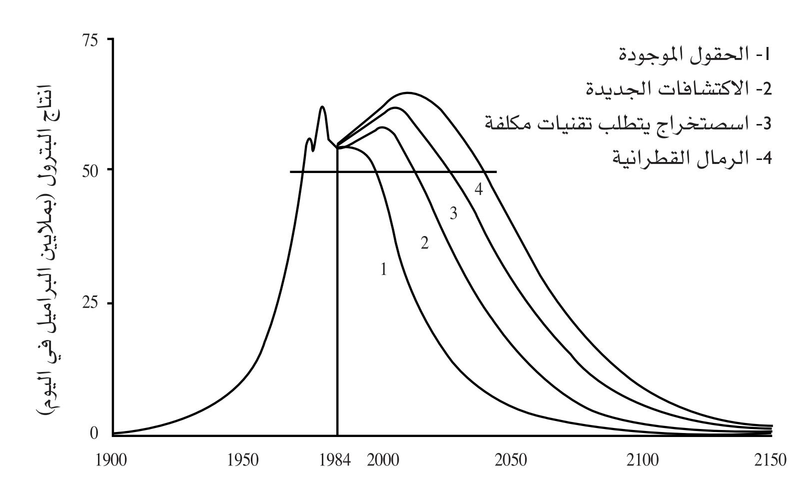



25- المدة المتوقعة لدوام الوقود الأحفوري بين عامي صفر و3000 ميلادي لاتحيل البترول والغاز الطبيعي أكثر من برهة في تاريخ الإنسان.

Source: Sir George Porter, President of the Royal Society, London.

السير بيتر باكسندل، المدير الإداري لشركات رويال دوتش ـ شل. وبحسب ما توصل إليه، يمكن لمعدل الإنتاج الحالي أن يظل ثابتا على 50 مليون برميل يوميا تقريبا من بترول المكامن المعروفة حاليا وبترول تلك التي ستكتشف حتى عام 2015. وتتوقف المخزونات الإضافية على تحسين وتعزيز الاستخراج من الحقول الحالية التي لا يمكن حاليا استخراج أكثر من ثلث بترولها، لأن سحب الباقي يتطلب تقنيات أخرى، كضغطه بالآزوت أو بثاني أكسيد الكربون أو بالبخار ضغطا عاليا، وهي كلها غير اقتصادية بالأسعار الحالية، كما تتطلب سنوات من البحث والاختبارات الرائدة قبل أن يكون بالإمكان تطبيقها بصورة عادية في الحقول، ويصح هذا القول أيضا على استخراج البترول من الرمال القطرانية(*30) التي يوجد منها احتياطيات واسعة في ألبيرتا بكندا(65)، ولو أمكن استخراج البترول من جميع هذه المكامن بأسعار معقولة لأمكن لمخزوناتها أن تستمر في البقاء طوال حياة أحفادنا، إلا أن استمرارها فترة أطول من ذلك يتطلب تكاليف باهظة.

يوفر الغاز الطبيعي اليوم للعالم خمس حاجته تقريبا من الطاقة، ولكن مصادره التي يؤخذ منها الآن، كغاز بحر الشمال، لن تعمر طويلا، أما احتياطياته الكبيرة الموجودة في الشرق الأوسط وأفريقيا والاتحاد السوفييتي، والتي لم تمس، فسيكون نقله منها إلى أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية مكلفا جدا. ويوفر الفحم للعالم ربع حاجته تقريبا من الطاقة، حيث




26- تنبؤات بيتر باندكسل، المدير الإداري لشركات رويال دوتش-شل، عن انتاج البترول في العالم. تشير المنحنيات لنسبة الإنتاج بملايين البراميل في اليوم: (1) من الحقول الموجودة (2) من حقول جديدة يرجح اكتشافها (3) من الحقول الموجودة والجديدة التي يتطلب استخراج بترولها تقنيات جديدة مكلفة وغير اقتصادية بالأسعار الحالية. (4) استخراج البترول المشرب في الرمال القطرانية والذي يكلف تكلفة غير اقتصادية بالأسعار الحالية، وتوجد مكامنه الكبيرة في ألبيرتا بكندا. يشير الخط الأفقي إلى الاستهلاك اليومي في عام 1984.

Source Peter Baxendell, “Enhancing Oil Recovery - Making the Most of What We‘ve Got“, Transaction of Mining and Metallurgy 94A (April 1985): A84-A89.

يستخدم أكثر من نصف المستخرج من المناجم في توليد الكهرباء. ويوجد 90 في المئة تقريبا من مناجم الفحم في أربعة بلدان فقط، هي: دول الاتحاد السوفييتي السابق (42 في المئة) والولايات المتحدة (26 بالمئة) والصين (13 في المئة) وأوستراليا (6 في المئة). وتحوي هذه المكامن أكثر من نحو 250 مرة من الفحم الذي أنتج عام 1980[66].

تقدر احتياطيات العالم من الوقود الأحفوري بكمية تعادلها من الفحم مقدارها 5,5 ترليون طن. فلو استقر عدد سكان العالم عند 10 بلايين نسمة، وظل معدل الاستهلاك اليومي للفرد على حاله، لدامت احتياطيات النفط 275 سنة. ولكن إسقاط الحاضر هذا على المستقبل يفترض أن مستوى المعيشة في البلدان النامية لن يرتفع ارتفاعا كبيرا، أما إذا حدث ذلك فسيستهلك المزيد من الطاقة وسيسير الوقود الأحفوري نحو النفاد بسرعة أكبر.

## المفاعلات النووية:

لابد لنا لكي نحافظ على حضارتنا من أجل أحفادنا، من أن نجد مصادر أخرى للطاقة، ويمكن للوقود النووي أن يلبي حاجاتنا المتزايدة للطاقة إلى أمد أبعد، كما يساعدنا في الوقت نفسه على الاحتفاظ بالوقود الأحفوري الثمين. وهناك نوعان من المفاعلات النووية: الحراري، والولود[*31] السريع[67]. وتستعمل المفاعلات الحرارية إما أورانيوم طبيعي يحوي 99,3 في المئة أورانيوم 238 (غير قابل للانشطار)، و0,7 أورانيوم 235 (قابل للانشطار)، وإما أورانيوم طبيعي مخصب بأورانيوم 235. ويجب تزويد هذه المفاعلات بوقود إضافي، لأن عدد نوى الأورانيوم 235 القابلة للانشطار والمستعملة في العملية هو أكبر عدد النوى المكونة عن طريق أسر النترونات، ولما كانت مصادر الأورانيوم في العالم محدودة، لذلك يمكن أن تصبح إمدادات الأورانيوم 235 نادرة في حياة أولادنا.

ويستولد المفاعل الحراري البلوتونيوم القابل للانشطار من الأورانيوم 238 غير القابل للانشطار، ولكن كمية البلوتونيوم التي يستولدها أقل من كمية الأورانيوم 235 القابل للانشطار الذي يحرقه. أما المفاعل الولود السريع فعلى العكس: يستولد في الطبقة المؤلفة من الأورانيوم 238 والمحيطة به أكثر مما يحرق في قلبه (لبّه). وهذا البلوتونيوم يمكن استخراجه واستخدامه في تزويد القلب بالوقود الإضافي أو في بناء مزيد من المفاعلات. ولما كانت المفاعلات الولودة السريعة تستعمل الأورانيوم 238 غير القابل للانشطار وقودا لها، فاستخدامها للأورانيوم الطبيعي أكثر فعالية من المفاعلات الحرارية بستين مرة. كما سيجعل تزويد العالم بالأورانيوم يستمر بالمقابل مدة أطول[68]. ولكي يولد مفاعل كهذا كهرباء بطاقة 1000 ميجاواط أي ما يكفي مدينة صناعية يقطنها مليون إنسان، لابد له من أن يحوي قلبا مكونا من خمسة أطنان من البلوتونيوم مخلوطة مع عشرين طنا من الأورانيوم، ومحاطة بطبقة من الأورانيوم، وهذا الأورانيوم الأخير يمكن أن يكون هو الوقود المستنفد في المفاعلات الحرارية التي استخرج منها البلوتونيوم. ومثل هذا البلوتونيوم متاح بوفرة حتى الآن.

يوجد في إنجلترا مفاعل ولود سريع حمولته[*32] القصوى 250 ميجاواط، وكان قد واجه بعض الصعاب، التي تم التغلب عليها عند مطلع عام 1984.

ومنذ ذلك الحين وهو يسير سيرا حسنا بحمولة تبلغ 60 في المئة من طاقته. ولقد بدأت فرنسا في عام 1976 بإنشاء مفاعل ولود (قرب مدينة ليون) استطاعته 1200 ميجاواط سمي سوبر فنيكس. وفي عام 1986 ربط بشبكة الكهرباء الفرنسية، وهو يعمل الآن بكامل طاقته، كما بنت ألمانيا الغربية مفاعلا كهذا بالاشتراك مع الشركات البلجيكية والهولندية ولكنه لم يرخص بعد. والجدير بالذكر هنا أن هذه المفاعلات وصفت بأنها «سريعة» لأنها تستخدم نترونات سريعة، وليس لأنها تستولد البلوتونيوم بسرعة.

ومن المخاطر التي أدت إليها المفاعلات الولودة السريعة، هي تجارة البلوتونيوم، فهذا البلوتونيوم يصير سلعة دولية، إذ يجب استخراجه بداية من الوقود المستنفد في المفاعلات الحرارية. وتكفي كيلوغرامات قليلة منه لتصنيع قنبلة ذرية، في حين أن المفاعل الولود بحاجة إلى 5 آلاف كيلوغرام أو أكثر. إن هذا الفرق يفتح الباب واسعا أمام إمكانية مرعبة، هي أن يقع هذا البلوتونيوم بين أيدي الإرهابيين.

ثمة مخاطرة أخرى تشترك فيها المفاعلات الولودة السريعة والحرارية، وهي النفايات النشيطة إشعاعيا المتولدة في قلوبها وفي أغلفتها، وليس سهلا تقدير حجم هذه المشكلة الهائلة. فالشكل 27 يظهر الكمية المنتجة من النشاط الإشعاعي مقابل كل وحدة كهرباء متولدة وتفككها عبر السنين.

ومن المهم أيضا أن ندرك مدى ضخامة حجم هذه النفايات، فعند كل مفاعل من المفاعلات الحرارية الكبرى في العالم، يتراكم كل عام 100 متر مكعب من النفايات، ففي عام 1975، خزّن 12 ألف متر مكعب من النفايات الصلبة تحوي نصف طن من البلوتونيوم في المفاعل البريطاني في سيلافيلد. كما خزّن هناك أيضا 600 متر مكعب من النفايات السائلة ذات النشاط الإشعاعي المرتفع. ويتوقع للعام 2000 عشرة أضعاف هذه الكمية من النفايات.

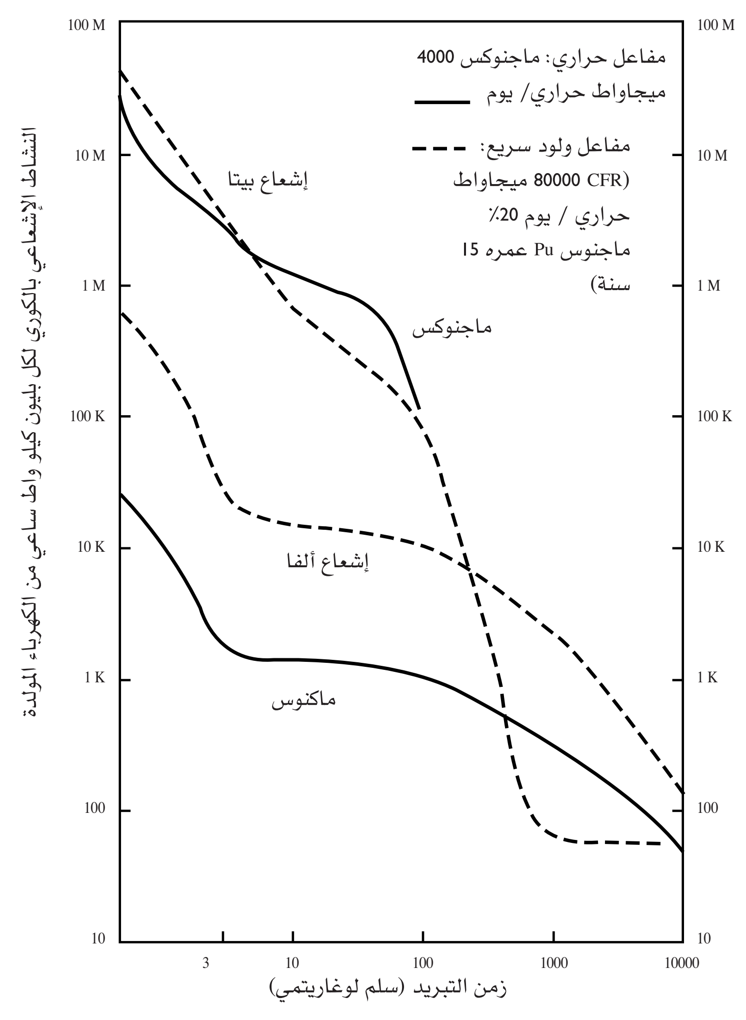
لم تقرر بريطانيا خططا محددة للتخلص النهائي من النفايات، فمع أنها وضعت بعض الحلول لذلك (منها مثلا أن تجمد النفايات في الزجاج ثم تدفنه في تكوينات صخرية مستقرة إما على الأرض أو في قعر البحر) إلا أن هذه الحلول مازالت خاضعة للنقاش. ولقد عبرت اللجنة الملكية لتلوث البيئة عن قلقها بشأن غياب حل مدروس دراسة وافية، كما أوصت بأنه «لا يجوز الالتزام ببرنامج واسع لتوليد الطاقة من الانشطار النووي،

قبل أن يكون قد أثبت بما لا يقبل الشك أن هناك طريقة لتوفير احتواء آمن للنفايات المشعة الطويلة العمر إلى مدى مستقبل طويل غير محدد». وقد عبرت اللجنة عن وجهة نظرها بأن هذه المسألة يمكن أن تحل، ولكنها خلصت إلى أنها لابد بحاجة إلى كثير من البحث قبل إيجاد الحل الصحيح الذي يقبله الرأي العام[69]. ولكن نصيحتها لسوء الحظ لم يؤخذ بها.

أما في الولايات المتحدة فقد نظم مرسوم عام 1982، الخاص بالتخلص من النفايات النووية المشعة، طريقة آمنة لهذا الغرض. وقد كفلت هيئة التنظيم النووي (N.R.C.) الانصياع لهذا المرسوم الذي يطالب وزارة الطاقة بأن تعد قائمة قصيرة بالمواقع المختارة اختيارا علميا - ثلاثة في شرق نهر الميسيسبي وثلاثة في غربه - حيث يمكن تخزين النفايات تخزينا آمنا مدة عشرة آلاف سنة. ولكن قرار الكونجرس تجاوز حديثا هذا المطلب ليتخذ من جبال يوكا في صحراء نيفادا، الموقع الأول في البلاد المخصص لخزن النفايات النووية ذات النشاط الإشعاعي العالي. ولكن هذا القرار أثار مباشرة احتجاج الجهات الرسمية في المنطقة[70].

يوجد في العالم كله اليوم، تبعا للوكالة الدولية للطاقة الذرية، 397 مفاعلا نوويا تتجاوز طاقتها القصوى ربع مليون ميجاواط، وتقدم 15 بالمئة من كهرباء العالم، وخمسة أضعاف كامل الكهرباء المتولدة في بريطانيا وفرنسا مجتمعين، ويوجد في الولايات المتحدة 88 محطة طاقة نووية تنتج سدس الكهرباء لديها. أما في ألمانيا الغربية فثلث الكهرباء مولد بالطاقة النووية، وفي بريطانيا الخمس وفي فرنسا الثلثان، وتأمل فرنسا أن تحصل من الوقود النووي بحلول عام 2000 على 80 إلى 90 في المئة من انتاج الكهرباء المتزايد لديها. وسبب تصميمها على هذا البرنامج هو افتقارها للغاز الطبيعي والبترول، وأن ما عندها هو القليل من الفحم، وأنها البلد الأكثر تقدما في الطاقة النووية[71]. وتتبع اليابان هذه السياسة نفسها لأنها في وضع مماثل.

ومنذ عام 1982 أخذ توليد الكهرباء الصافي في الولايات المتحدة بالنمو بمعدل متوسطه 2,6 في المئة في السنة، علما أن أكثر من نصف كهربائها يأتي من الفحم، الذي لايزال رخيصا ومتوافرا (الجدول 5)، وأخذ إسهام الطاقة النووية بالارتفاع بمعدل متوسطه 10 في المئة في السنة، أي أسرع




27- يمثل هذا المخطط النشاط الإشعاعي الصادر عن النفايات النشيطة جدا إشعاعيا والتي تخلفها المفاعلات الحرارية والمفاعلات الولودة السريعة، وذلك بعد إزالة 99 بالمئة من الأورانيوم والبلوتونيوم، وبعد ستة أشهر من تفريغها من المفاعل. وتظهر المنحنيات كيف تضعف النشاطات الإشعاعية مع الزمن. وقد مثل تضاؤل الإشعاعين ألفا وبيتا بمنحنيين منفصلين: حيث ماجنوكس هو مفاعل حراري منرد بالغاز، وCFR هو مفاعل ولود سريع تجريبي في بريطانيا. مقاييس الرسم لوغاريتمية (أي تمثل التدريجات لوغاريتمات القياسات وليس القياسات نفسها).

Source: Sixth Report of the Royal Commission for Environmental Pollution, Nuclear Power, and the Environment (Her Majesty's Stationery Office, Cmd. No. 6618, 1976).

بأربع مرات تقريبا من ارتفاع التوليد الكلي للطاقة[72]، فأكثر من نصف قدرة التوليد الجديدة التي أضيفت في عام 1986 كانت نووية. وكان من المتوقع أن يرتفع إسهام الطاقة النووية حتى عام 1990 من السدس إلى الخمس، مع بقاء إسهام الفحم على حاله وأن يتناقص إسهام البترول والغاز قليلا إلى 15 في المئة[73]، ولا يوجد المزيد من محطات الطاقة النووية قيد البناء.

## كارثة تشيرنوبل:

لقد هزت كارثة تشيرنوبل ثقة الجمهور بالطاقة النووية. فكيف حدثت؟ هل يمكن أن تحدث كارثة مماثلة في أوروبا الغربية أو في أمريكا؟ ما هي الحجج المؤيدة لمختلف مصادر الطاقة والحجج المعارضة لها الآن؟ وما الذي سيترتب على التخلي عن الطاقة النووية؟

ويرد سبب كارثة تشيرنوبل إلى التصميم الخاطئ والتدريب الضعيف والإهمال الشديد من قبل الموظفين، الذين نفذوا سلسلة من العمليات التي

**الجدول 5. مصادر الطاقة لتوليد الكهرباء في الولايات المتحدة**

| المصدر | النسبة المئوية للإسهام | النسبة المئوية للإسهام بالنسبة لقدرة التوليد الجامدة عام 1986 |
|---|---|---|
| الفحم | 55,7 | 44,0 |
| النووية | 16,1 | 52,6 |
| مساقط المياه | 11,7 | |
| الغاز | 10,0 | |
| البترول (يتضمن البترول وفحم الكوك) | 5,5 | 3,4 |
| مصادر أخرى (من ضمنها حرارة باطن الأرض والأخشاب والرياح والطاقة الشمسية) | 0,5 | |
| المصادر كلها | 310 487 2 جيجاواط ساعي | 11048 ميجاواط |

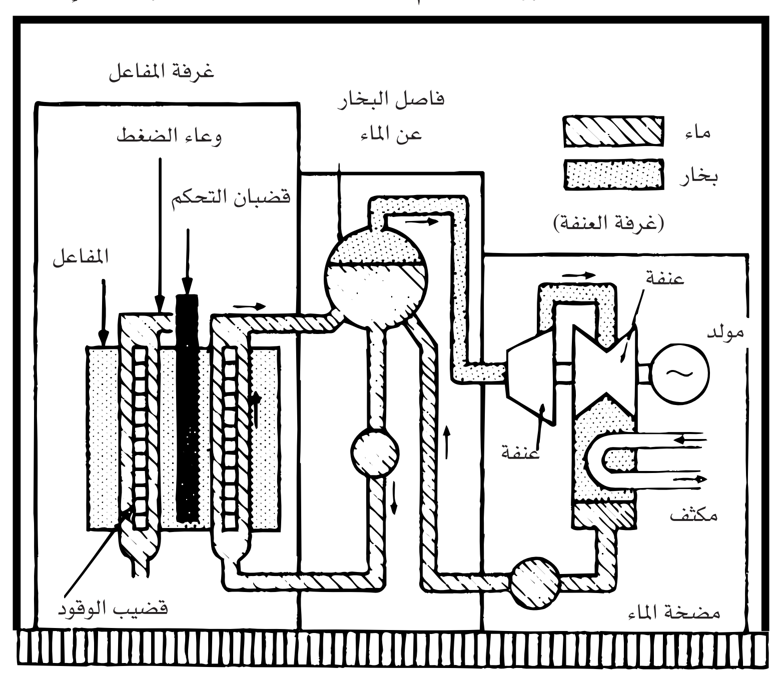
المصدر:

U. S. Department of Energy, Energy Information Administration, Electric Power Annual 1986, U. S. Department of Energy, Energy Administration, Annual Energy Outbook, 1984, DOE/ EIA - 0383.

من الواضح أنها ممنوعة، والتي زاد من أثرها عدم الأخذ بالتحكم الآلي الآمن، الذي كان سيوقف عمل المفاعل عندما فقدت العنفات ضغط البخار.

إن تصميم المفاعل الروسي بسيط من حيث المبدأ، فهو يحوي قضبانا من أكسيد الأورانيوم تبطئ نتروناتها قضبان من الجرافيت. فيسخن التفاعل النووي هذه القضبان إلى 1200 درجة مئوية. ويتم تبريد نوعي القضبان بماء مضغوط، فيتحول إلى بخار يدير العنفات حين ينخفض ضغطه[74] (الشكل 29). كما تلطف شدة التفاعل النووي بوساطة قضبان من (البور)[*33] تنزل إلى أعماق مختلفة بين قضبان الأورانيوم والجرافيت، والمفاعل كله محاط بواق معدني لم يكن مانعا لتسرب الضغط، لا هو ولا البناء المحيط به.

ومنذ بضع سنوات فكرت الحكومة البريطانية في إنشاء مفاعل مماثل، ماعدا أنه كان من المقرر استخدام الماء الثقيل بدلا من الجرافيت لإبطاء




28- مخطط محطة الطاقة النووية في تشيرنوبل.

Source: “Shuting the Stable Door“, Nature 223 (1986): 28.

النترونات. وعندما فحص المهندسون البريطانيون التصميم السوفييتي ليروا ماذا يمكن أن يستفيدوا منه، وجدوا أنه يعاني عدة نقاط ضعف، وكان أخطر هذه النقاط هو أن يؤدي تشكل فقاعات البخار عرضا في ماء التبريد إلى ارتفاع تدفق الطاقة، الأمر الذي سيرفع درجة الحرارة ويولد مزيدا من فقاعات البخار. ولكن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى جعل الوقود النووي أقل فعالية، مما يبطئ خروج الطاقة، فهذه الخاصة بحد ذاتها لا تجعل المفاعل غير آمن، وهي تعرف بمعامل الفراغ الموجب[*34]. ففي حالة المفاعلات المصممة تصميما جيدا، يضمن ذلك التناقص الطبيعي في الفعالية سلامة المفاعل بأن يوازن معامل الفراغ الموجب.

ولابد أن هذا التوازن كان يحدث في المفاعل الروسي ضمن شروط تشغيل طبيعية، ولكن حين كان المفاعل يعمل بأقل من خمس طاقته القصوى صار معامل الفراغ الموجب كبيرا لدرجة أن الهبوط الطبيعي في طاقة المفاعل، مع ارتفاع درجة حرارته، لم يعد بمقدوره أن يوازن بسرعة تأثير هذا المعامل، فخرجت الطاقة خلال ثوان عن دائرة التحكم. وبما أنه لم يكن في المفاعل مزايا هندسية تمنع تشغيله بهذه الطريقة الخطرة، فقد أعطي المشغلون تعليمات صارمة جدا بألا يتركوه يصل إلى هذه الدرجة. وفي اجتماع الوكالة الدولية للطاقة الذرية في ڤيينا، الذي تلا هذا الحادث، قال الأكاديمي أ. ليجاسوف أن جورباتشوف نفسه، بكل ما يملك من سلطة، ما كان ليسمح له بتجاوز هذه التعليمات، لكن عمال التشغيل تجاهلوها تماما، الأمر الذي أدى إلى الحادث. وقد روى ليجاسوف أن القرار بعدم وضع نظم أمان تلقائية في المفاعل تمنع حدوث ظروف التشغيل الخطرة، كان قد اتخذ في بداية السبعينيات عندما اعتبر المهندسون الروس أن التجهيزات المتاحة كانت أقل موثوقية من المشغلين. وقد سلم ليجاسوف بأن ذلك القرار كان «خطيئة نفسية هائلة»، لأنه ما من أحد توقع أن يصبح المشغلون متهاونين لدرجة أن يفقدوا كل إحساس بالخطر[75].

أما في مفاعلات الضغط الغربية، فإما أن تخفض فقاعات البخار تدفق الطاقة قليلا، وإما أن ترفعها قليلا بحيث يظل المفاعل خاضعا للتحكم، وإذا طرأ حادث دفع قضبان البور خارجا[*35]، وازن المفاعل عندئذ ارتفاع تدفق الطاقة الحاصل وأعاد إخضاعه للتحكم. وقد صممت المفاعلات

البريطانية بحيث تكون مزودة بوسائل اللجم الآمن كي يؤدي أي خطأ في التشغيل إلى توقيف هذه المفاعلات. كما لا يمكن إزاحة جميع قضبان البور دفعة واحدة، كما فعل الروس قبل الحادث، حتى ولا يمكن إزاحتها بسرعة. ولكن يجب على كل حال أن يكون إدخالها بسرعة ممكنا، وإذا أخطأ المشغلون في التعامل مع قضبان التحكم، توقف المفاعل. إن وسائل المراقبة في المفاعلات الغربية تشير على الفور إلى أي تصرف غير طبيعي، فتعطي المشغلين الوقت لكي يوقفوا المفاعل ويبردوه، في حين أن مؤشرات وجود تصرف غير طبيعي في المفاعل الروسي كان من المفروض أن تقرأ بعد خروجها مطبوعة حاسوبيا.

ثم إن المشغلين في غرفة المراقبة يعطون في الغرب معلومات مدروسة بكل عناية، والمفاعل مصمم بطريقة لا تفرض على هؤلاء أن يتخذوا قرارات متسرعة، هذا عدا أنهم مؤهلون تأهيلا عاليا ويتبعون مقررات منتظمة معززة لمعلوماتهم وتتضمن تدريبا على محاكيات للمفاعل. وقد صادق الروس في فيينا على أنهم لم يكونوا قد وعوا أهمية هذه الميزات في التصميم، وعلى أن تدريب المشغلين عندهم لم يكن كافيا. وعلى ما يبدو أنهم لم يكونوا يملكون محاكيات. وأخيرا، إن المفاعلات الغربية محاطة بغلاف خرساني مصمم بحيث يمنع أي تسرب إشعاعي عرضي.

ولقد أسست بريطانيا أيضا، على إثر حادث خطير وقع في المفاعل العسكري في ويندسكيل عام 1957، مفتشية للأمن النووي لتكون مستقلة عن الصناعة النووية، ولا تأذن هذه بإنشاء أي محطة طاقة نووية لا توفر هذه التدابير الأمنية الحيوية. وتفرض المفتشية أن يكون احتمال أن يقع حادث رئيسي يؤدي إلى تسرب خطير في الإشعاع، أقل من حادث واحد في 10 ملايين سنة من سنوات المفاعل(*36). وهذا المستوى من الأمان مطبق في فرنسا وألمانيا الغربية والسويد واليابان.

## حادث جزيرة ثري مايل أيلاند:

إن تصميم مفاعل جزيرة ثري مايل أيلاند يختلف عن تصميم مفاعل تشيرنوبل، لأن له نظامين منفصلين لدوران المياه: الأولي، وهو الذي ينقل الحرارة من المفاعل إلى مبادل حراري، والثانوي هو الذي يرفع الحرارة

ليولد البخار الذي يدير العنفات الكهربائية. وقد بدأ الحادث عندما توقفت إحدى المضخات التي تدير هذه الدارة الثانوية. ونظرا للصيانة غير السليمة وسوء الإجراءات المطبقة، لم تعمل المضخة الاحتياطية لتحل محلها آليا. فأدى ارتفاع درجة الحرارة في دارة المياه الأولية إلى التوقف الآلي للتفاعل الانشطاري المتسلسل، وهكذا لم يحدث قط جيشان في الطاقة كما حدث في تشيرنوبل، لأنه: نتيجة لإخفاق المضخة، أصبح الماء في الدارة الأولية حارا جدا وارتفع ضغطه، مما أدى إلى فتح صمام آلي خفف من الضغط. وبدلا من أن يغلق الصمام عندما خف الضغط، ظل مفتوحا. وكانت الأدوات مصممة بحيث تشير إلى أنه مغلق، ولكنها لم تشر فيما إذا كان مغلقا فعلا. فتسرب الماء ذو النشاط الإشعاعي الضعيف عبر الصمام المفتوح إلى حوض تخزين معزول. ومن هناك ضخ آليا إلى الفضاء المكشوف، وكان هذا هو الشيء الوحيد المشع الذي أفلت نتيجة للحادث. وقد وجد فيما بعد أنه لم يكن ذا أهمية تذكر.

على أن هناك أمورا سارت آنذاك في هذا المفاعل سيرا خطرا. فقد أطلق فقدان ماء التبريد من الدارة الأولية آلية الطوارئ لتزويد قلب المفاعل بماء التبريد، ولكن المشغلين لم يفهموا ما الذي كان يحدث، فأغلقوا سِكْر الماء. وقد أدت بعدئذ سلسلة قرارات خاطئة اتخذها العمال إلى بقاء القلب غير محاط بماء التبريد لما يقرب من ساعتين، بحيث تفككت أقراص الوقود إلى كسارة وأفلتت نواتج الانشطار داخل قلب المفاعل. وفضلا عن ذلك فقد اتحد غلاف قضبان الوقود المصنوع من الزركونيوم مع بخار الماء. وهذا التفاعل نتج منه غاز الهيدروجين الذي أخذ يلتهب، ولكن النار توقفت لحسن الحظ لعدم وجود أوكسجين، فلم يحدث انفجار. وفي التقرير الذي رفع إلى رئيس الولايات المتحدة، عزي هذا الحادث بصورة رئيسية إلى الفهم المنقوص لدى المشغلين وإلى ضعف الإدارة عند شركة الكهرباء، ولكن كانت هناك أيضا أخطاء في التصميم. ولقد كان تفكيك المفاعل المعطوب الشديد الإشعاع، مهمة بالغة التعقيد ولاتزال غير مكتملة. كما أدى هذا الحادث إلى تعديلات مهمة في التصميم وتشديد صارم على إجراءات التشغيل بالنسبة للمفاعلات النووية الأمريكية.

وقد رخصت هيئة التنظيم النووي في الولايات المتحدة منشآت مدنية

نووية، لأن الهيئة مخولة بموجب مرسوم الطاقة النووية بأن تتولى بنفسها أمر التحقق «من أن المفاعلات التي تستعمل مواد نووية مصممة تصميما آمنا ومبنية ومدارة بشكل يضمن عدم تعرضها لمخاطر التسرب والحوادث»، وأن الجمهور محمي «من المخاطر التي يمكن أن تصدر عن تخزين المواد النووية واستعمالها ونقلها». وتستخدم الهيئة بضعة آلاف من الرجال، ولديها ميزانية تتجاوز 400 مليون دولار، وهي تصدر تراخيص لبناء محطات كهرباء تعمل على الطاقة النووية، وتضع تنظيمات ومعايير وتعليمات تتعلق بطرق تشغيلها. وتقود حملات تفتيش للتأكد من الإذعان لتنظيماتها. كما تقوم بأبحاث حول الأمان ومشكلات البيئة، ولديها أيضا لجنة مستشارين مكونة من خمسة عشر عالما ومهندسا يقومون بفحص جميع الطلبات الخاصة ببناء أو تشغيل محطات كهرباء تعمل بالطاقة النووية، ويقدمون التوصيات بشأنها وبشأن قضايا السلامة المرتبطة بها[76].

ولقد دفعت مخاوف الجمهور من الطاقة النووية عددا من الأحزاب السياسية في أوروبا الغربية إلى المطالبة بإغلاق محطات الطاقة النووية. فيا ترى ماذا يمكن أن يكون لهذه السياسة من تأثيرات فينا وفي الأجيال القادمة؟ لقد نظرت مؤخرا لجنة تابعة لمجلس اللوردات في هذا الموضوع[77]، وكانت مكونة من خمسة عشر عضوا، بينهم بيولوجيان وصحفي ومحام ورئيس سابق لمجلس صناعة الفحم المؤممة ومهندس كيميائي واحد وعضو سابق في سلطة الطاقة الذرية، ومدير حالي لأحد مصانع الطاقة النووية في ألمانيا الغربية. أما الأعضاء الآخرون فكانوا أشخاصا عاديين لهم اهتمام بأعمال بعيدة جدا عن الصناعة النووية. وقد ترأس اللجنة الڤيكونت تورنجتون وهو رجل عادي أيضا. وفي واقع الأمر كان هناك عضو واحد يملك حصة مالية في الصناعة النووية أو أنه كان يحمل بسبب مهنته رأيا مسبقا مؤيدا لها.

ولقد استمعت اللجنة إلى شهود من عدة فروع للصناعة النووية: من بريطانيا ومن ألمانيا الغربية ومن فرنسا ومن السويد، وكذلك من كبار المعارضين البريطانيين للطاقة النووية الذين يسمون أصدقاء الأرض. وقد لخصت موقفَ هذه الفئة من الصناعة النووية إفاداتُ أحد الشهود: «إذا كنا غير مقتنعين بأمانها، فلا يمكن استعمالها مهما كانت النتائج

الاقتصادية... ولو كان هناك اعتقاد بأن من الممكن حدوث كارثة واحدة (مثل تشيرنوبل) في مكان ما من العالم كل عشر سنوات، أو حتى مرة في القرن، لكانوا قلة هؤلاء الذين يترقبون أحداث المستقبل برباطة جأش»[78].

وكانت الحكومة السويدية قد وعدت بالتخلص من مولدات الكهرباء النووية، مع أن نصف كهربائها اليوم نووية، وعندما سألت لجنة مجلس اللوردات ممثل السويد ما الذي سيحل مكان هذا النصف لم يحر جوابا. ويعارض الشعب السويدي أي زيادة في عدد محطات الطاقة العاملة بالفحم، لأنها ستزيد تلوث البحيرات بالمطر الحمضي، واستبعد البرلمان عمليا إنشاء المزيد من السدود لتوليد الكهرباء بطاقة الشلالات المائية. كما أن السويد ليس لديها ما يكفي من ضوء الشمس لإنتاج طاقة كهربائية معقولة منه. ومن المؤكد أنه يمكن اقتصاد بعض الطاقة، ولكن ليس خمسين بالمئة منها. فلم يبق من حل سوى تخفيض مستوى المعيشة. ولكن ذلك سيسبب بطالة قاسية ولن يكون مقبولا من الناحية السياسية. لذلك يخامرني شعور بأن الحكومة السويدية لن تكون قادرة على الوفاء بوعدها.

ولقد خلصت لجنة مجلس اللوردات إلى «أن قرارا حول مستقبل الصناعة النووية، ليس مجرد قرار مع الطاقة النووية أو ضدها، فاتخاذ قرار مضاد للطاقة النووية يعني لا محالة قرارا لمصلحة بعض الوسائل الأخرى لتوليد الكهرباء. ولكن لا المملكة المتحدة، ولا الجماعة الأوروبية ولا العالم بأسره يمكن أن يتخلى ببساطة عن الكهرباء التي تأتيه من مصادر نووية. لذلك يتطلب هذا القرار الموازنة بين محاسن مختلف المصادر ومساوئها[79]. ولقد اعتاد الناس على الحياة الرغدة المزودة بكهرباء رخيصة بحيث يصعب عليهم أن يتخيلوا كم هي قاسية الحياة من دونها. ففي شتاء عام 1987 مثلا كانت الطاقة في رومانيا شحيحة لدرجة أن الحكومة منعت تدفئة المكاتب وشقق السكن إلى أكثر من 12 درجة مئوية، فكان أمرا لامفر منه أن يفقد العديد من المسنين حياتهم.

## أمان محطات الطاقة النووية:

تعتقد لجنة مجلس اللوردات أن تطبيق أعلى معايير الأمان عند تصميم منشآت الطاقة النووية وبنائها، وعند تدريب العاملين فيها، سيجعل من

الممكن حتما تشييد مثل هذه المنشآت وتشغيلها بطريقة تخفض عمليا إلى الصفر من إمكانية حدوث كوارث. ومع أن مستوى معايير الأمان مرتفع جدا الآن، إلا أنه يجب أيضا بذل أي جهد ممكن آخر لرفعها أكثر، لأننا حين نواجه ضرورة اتخاذ قرار بين الأقل كلفة والأكثر أمانا، لابد أن نختار دائما الأكثر أمانا.

لقد صار أمان محطات الطاقة النووية مشكلة دولية. فالصناعة النووية لن تزدهر إلا حين تكون معايير الأمان في أعلى مستوى لها في أي مكان. لذا تحبذ اللجنة اتفاقا دوليا حول مشكلات الأمان في المفاعلات: التخطيط والإنشاء والتشغيل والتدريب وقواعد الأمان. ولكي يكون هذا الاتفاق فعالا، لابد من ملاحقة التقيد به من قبل هيئة تفتيش دولية تكون لها على الأقل سلطة الوكالة الدولية للطاقة الذرية التي تراقب التقيد بشروط معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية.

لدي انطباع بأن الأوروبيين الغربيين شديدو القلق بشأن أمان منشآت الطاقة النووية عندهم. فعلى موظفي هذه المنشآت أن يتجنبوا أي خرق للتدابير الأمنية، حتى إن لم يكن له تأثير على الأمان في هذه المنشآت، ذلك أنه سيثير ضجة لدى الجمهور. ففي المملكة المتحدة تضمن هيئة تفتيش خاصة بالأمان، مستقلة ماليا وسياسيا، التقيد الصارم بهذه التدابير. وبالمقابل تثبت أحداث كارثة تشيرنوبل الأخطار التي تمثلها الصناعة النووية في ظل حكم شمولي، حيث النقد مكبوت والتجاوزات أسرار مكتومة. وثمة أيضا شكوك في أن لدى شركات الكهرباء الخاصة التي تشغل منشآت نووية في الولايات المتحدة، وسائل تقنية ومالية كفيلة بتوفير أقصى درجات الأمان.

وحتى لو أمكن استبعاد احتمال حدوث كارثة أخرى ككارثة تشيرنوبل، فالناس قلقون من أن النشاط الإشعاعي المتسرب من منشآت الطاقة النووية وهي تعمل بصورة عادية، يمكن أن يزيد من حدوث السرطان والأمراض الوراثية. ولكن هذه المخاوف لا أساس لها من الصحة، لأن النشاط الإشعاعي المنبعث من منشآت الطاقة النووية لا يشكل أكثر من جزء صغير جدا من النشاط الإشعاعي الطبيعي الذي يتعرض له كل منا. وقد يُستغرب أن التربة تحوي عادة كميات كبيرة من العناصر المشعة. فالمتر المكعب من تربة

حديقة إنجليزية تحوي وسطيا 17 كيلوغراما من البوتاسيوم، منها غرامان من البوتاسيوم ذي النشاط الإشعاعي، إضافة إلى 15 غراما من الثوريوم و5 غرامات من الأورانيوم، والفحم أيضا يحوي أورانيوم.

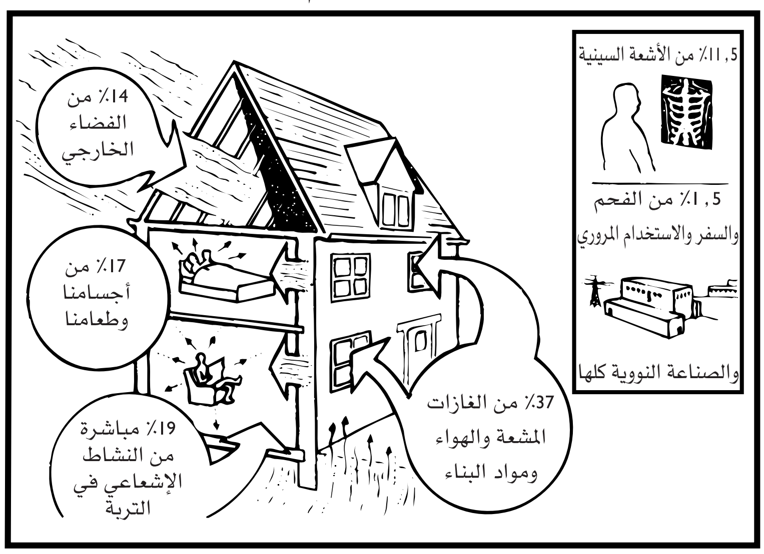
وهكذا تنشر محطات الطاقة المعتمدة على إحراق الفحم، سنويا ما يقرب من 120 طنا من الأورانيوم في رمادها وفي الجو. ويظهر (الشكل 29) الإشعاع المسلط علينا من مصادر مختلفة. إن السفر جوا على ارتفاعات عالية، والصناعات كلها بما فيها منشآت الطاقة النووية، لا تسهم بأكثر من 1,5 بالمئة، في حين أن الـ 98,5 بالمئة الباقية تأتي من مصادر طبيعية لا يمكن تجنبها. ويوجد اليوم، من بين كل مليون وفاة، 50 ألفا ناتجة عن السرطان. وعلى الأرجح أن 200 من هذه الحالات ناجمة عن الإشعاع، و3 فقط منها ناجمة عن السفر جوا على ارتفاعات عالية أو عن الصناعة. وبشكل عام فإن خطر السرطان الناجم عن مجمل الإشعاع الذي نتعرض له يوميا لا يتجاوز خطر استنشاق منتظم لخمس نفثات من سيجارة مرة في الأسبوع[80]. على أن خطر السرطان في المنازل المبنية على صخور ذات نشاط إشعاعي عال، يمكن أن يكون أعلى بكثير، وفق ما وجد حديثا في بعض مناطق الولايات المتحدة. وعلى ما يبدو فإن مئات الآلاف يعيشون فوق مثل هذه الصخور في أمريكا، ويتلقون بانتظام جرعات سنوية من الإشعاع بمثل شدة تلك التي تلقاها الناس الذين كانوا يعيشون بالقرب من مفاعل تشيرنوبل بعد انفجاره[81].

حديثا نشر المكتب البريطاني للإحصاءات السكانية والدراسات الاستطلاعية تقريرا بعنوان «الإصابة بالسرطان والوفيات في جوار المنشآت النووية في إنجلترا وويلز (بلاد الغال) 1959 - 1980»، تعرض فيه عالم الأوبئة ريتشارد دول وزملاؤه في جامعة أوكسفورد إلى تحليلات إحصائية لخصوا نتائجها على النحو التالي:

«إن هذه البيانات تظهر بصورة قاطعة أنه لم يحدث تزايد عام في وفيات السرطان في جوار المنشآت النووية خلال 22 عاما، بدأت بعد عدة سنوات من افتتاح هذه المنشآت التي أطلقت أضخم كمية من الإشعاعات النووية إلى البيئة. وعلى العكس فقد كانت الوفيات الناجمة عن السرطان في مناطق الإدارة المحلية في جوار المنشآت النووية، أقل نسبيا من تلك في

مناطق الإدارة المحلية التي اختيرت للمقارنة بسبب شبهها بالمناطق الأولى. ومن غير المرجح أن ترد هذه الحقيقة إلى تأثير واق للإشعاعات المؤينة، بل توحي بأنه على الرغم من الجهود التي بذلت لاختيار مناطق شاهدة يمكن مقارنتها بالمناطق الأولى، فقد كانت هناك فروق بين السكان تتعلق بخطر الموت من هذا النوع أو ذاك من أنواع السرطان ولا علاقة لها بالمنشآت.

وقد أوحى الفحص الدقيق لأنواع السرطان القليلة، التي كانت نسبيا هي الأكثر شيوعا في مناطق المنشآت، بأن عددا من الفروق كان على الأرجح نتيجة للمصادفة أو لالتباس في التشخيص أو لعوامل اجتماعية أكثر مما هو نتيجة لأي خطر مرتبط بوجه خاص بالمنشآت. على أن مرضا واحدا قد يكون استثناء محتملا: أعني به اللوكيميا (ابيضاض الدم)[*37] في فئة الذين تقل أعمارهم عن 25 سنة. وهناك مرضان آخران يحتاجان إلى مزيد من التمحيص: سرطان نقي العظام (multiple myeloma) ومرض هودجكن عند فئة من هم أكبر سنا، أي بين 25 و 74 سنة. ولكن زيادة معدل الوفيات المسجل نتيجة هذه السرطانات لم تكن كبيرة، كما لايزال من




29- مصادر الإشعاع التي نتعرض لها باستمرار : إن ما يقرب من جزء من سبعين فقط يأتي من الصناعة بما في ذلك الصناعة النووية.

Source: Walter Marshall, “Tizard Lecture“, Atom June 1986. 1-8

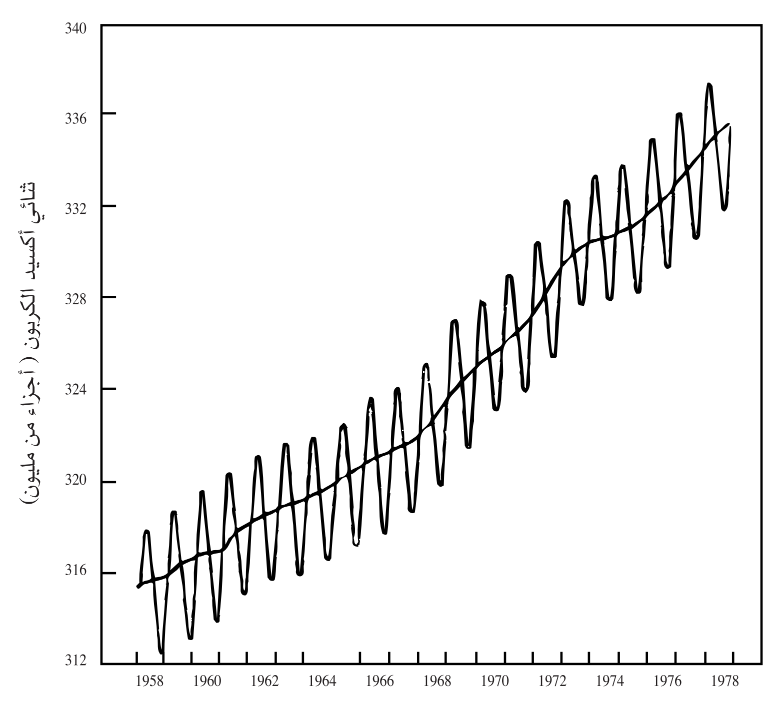
الضروري إثبات أنها ليست ناجمة عن خلط عام سببته عوامل أخرى بيئية أو اجتماعية اقتصادية»[82].

إن ازدياد معدل الإصابة باللوكيميا بين فئة الذين تقل أعمارهم عن 25 سنة، ناجم عن ارتفاع عدد الوفيات بهذا المرض أربع مرات بين الأطفال الذين هم دون العاشرة من العمر، والذين كانوا يعيشون بالقرب من المنشآت التي بنيت قبل عام 1955، ولكن هذا قد يكون عرضيا، لأن التوزع الجغرافي لحدوث اللوكيميا غير منتظم، كما أن أسباب ظهور هذه الزيادة في مناطق أخرى مازالت مجهولة. ثم إنه لم تظهر زيادة في اللوكيميا بين الأطفال الذين يعيشون بالقرب من المنشآت النووية التي أنشئت من ذلك الحين، ومع ذلك ظهر مؤخرا تقرير عن ست حالات لوكيميا عند أطفال كانوا يعيشون بالقرب من مركز إعادة معالجة نووية في إسكوتلندا، ولكن هذه الحالات مازالت من دون تفسير.

## بدائل الطاقة النووية:

هل يمكن، على الأقل، التخفيف من مخاطر الطاقة النووية باستثمار مصادر بديلة للطاقة، حتى لو كان مخزونها محدودا؟ إن البديل الأبرز هو الفحم، ويملك العالم منه مخزونات هائلة، كما يمكن تحويله إلى وقود غازي أو سائل، وعندما كان الفحم يحرق من دون تدابير احتياطية خاصة، باعتباره مصدر الطاقة الرئيسي، بلغ التلوث بالدخان في مانشستر، في بداية هذا القرن، درجة من السوء جعلت أكثر من نصف عدد الأطفال مصابين بالكساح لندرة تعرضهم للشمس، وصار يسقط على كل متر مربع كيلوغرام من الغبار في السنة. أما الآن فالهواء أكثر صفاء في بريطانيا، أولا لأن استهلاك الفحم هبط إلى أكثر من نصف ما كان يستهلك عام 1910، وثانيا لأن أساليب الإحراق الحديثة خفضت من انطلاق الحبيبات الصلبة مع دخان الفحم - ربما إلى جزء من 1000 مما كان معهودا.

وأكثر الغازات إيذاء في دخان الفحم والبترول هو ثنائي أكسيد الكبريت، فالرياح تحمل الآن هذا الغاز من مداخن بريطانيا وباقي أوروبا إلى إسكنديناڤيا، حيث تقتل السمك في البحيرات والأنهار، وفي البندقية يؤدي ثنائي أكسيد الكبريت المتولد من الصناعة في مستر Mestre المجاورة، ومن




30- نسبة ثنائي أكسيد الكربون في الجو, في قمة جبل بهاواي, مقدرة بأجزاء من مليون بين 1958-1978 . ولنلاحظ أن التقلبات الفصلية ناجمة عن تزايد امتصاص النباتات لثنائي أكسيد الكربون في الربيع.

Source: Roger Revelle, "Carbon Dioxide and World Climate", Scientific American 247 (August 1982): 33-41.

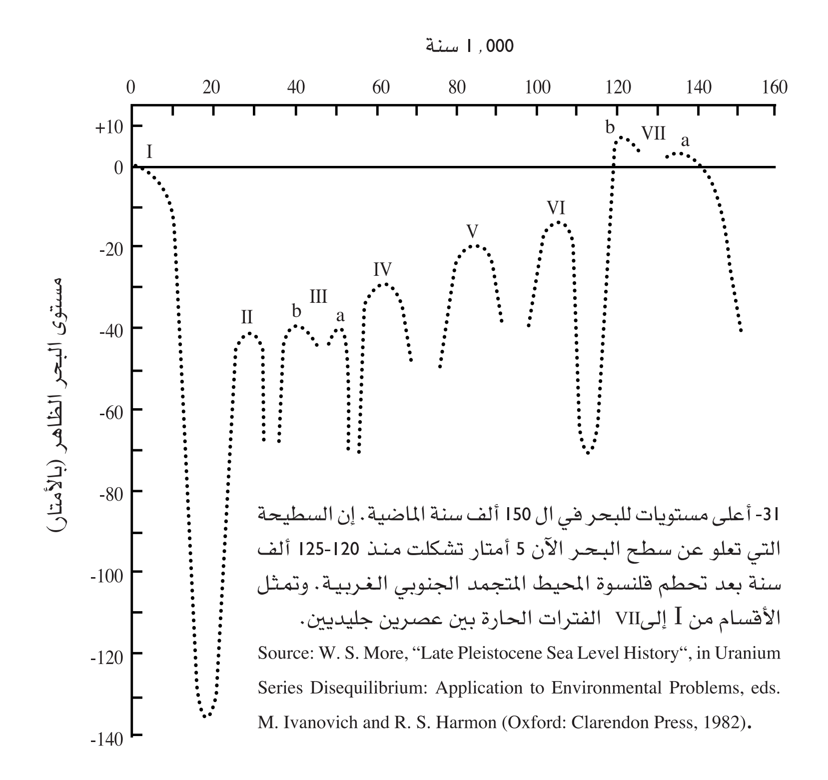
محركات النقليات عبر القنوات إلى تفتت واجهات الكنائس والقصور الجميلة (الشكل 30)[83]. ومن الجائز أن يكون ثنائي أكسيد الكبريت وأكاسيد الآزوت سائرة في قتل الغابات في غربي ألمانيا. فما لم تُزل هذه المواد من دخان الصناعة وعادمات السيارات، سيظل المزيد من إحراق الوقود الأحفوري يزيد من سيئات التلوث بثنائي أكسيد الكبريت وأكاسيد الآزوت. ولكن إزالة تلك المواد من عادمات السيارات ستزيد من تكاليف استخدامها. وفي الولايات المتحدة، حيث الفحم رخيص، يمكن أن تكون تكاليف إزالة هذه المواد من دخان محطات توليد الكهرباء العاملة على إحراق الفحم بسوية تكاليف الفحم نفسه. لذلك قد تمانع الحكومات في فرض هذه القيود،

ومع ذلك، فإن هذه الممانعة يمكن أن تدل على عدم تبصر في الأمور.

يعد استخراج الفحم من مناجمه من أخطر الأعمال. فمن أصل 232 ألف عامل منجم في بريطانيا قتل 72 في الفترة 1978 ـ 1979 ولحق أذى بالغ بـ 480 منهم، وهذا معدل حوادث أعلى بما يقرب من عشرة أضعاف من وسطي الحوادث في الصناعة المنتجة للسلع. يضاف إلى ذلك أن تغبّر الرئة (وهو مرض رئوي يسببه غبار الفحم) ساهم بموت أكثر من 200 عامل منجم. ولكن هؤلاء كانوا جميعا رجالا استخدموا قبل عام 1955. ومنذ ذلك الحين أمكن تجنب هذا المرض كليا تقريبا نتيجة لإزالة الغبار إزالة فعالة[84].

وعلى العكس من ذلك، لا تسبب الطاقة النووية سوى تلوث وحيد هو تسخين المحيطات تسخينا لا أهمية له مادامت النفايات المشعة مدفونة بأمان. والواقع أن الطاقة التي يستهلكها الإنسان بأكملها لا تسخن الكرة الأرضية بصورة مباشرة إلا بمقدار ضئيل. ولكن ثنائي أكسيد الكربون المنطلق من احتراق الوقود، يهدد الأرض بتسخينها بصورة غير مباشرة. فمنذ عام 1860، حين قيس محتوى الجو منه لأول مرة، ارتفع هذا المحتوى بنسبة 19 في المئة (الشكل 31). وقد أخذ استهلاك الوقود الأحفوري مؤخرا بالارتفاع بنسبة 2 في المئة في السنة. ولو ظل معدل هذه الزيادة على حاله حتى عام 2050 وظل الاستهلاك ثابتا بعدئذ، لأمكن لمحتوى الجو من ثنائي أكسيد الكربون أن يتضاعف حتى عام 2065 عما كان عليه عام 1860. أما لو ارتفع استهلاك الوقود بنسبة 3 في المئة حتى عام 2025 وظل بعدئذ على حاله، لأمكن بلوغ هذا التضاعف عند حلول عام 2040[85]. فما النتائج المترتبة على ذلك يا ترى؟

إن ثنائي أكسيد الكربون يمتص الحرارة المنبعثة من اليابسة والمحيطات ويعيد إشعاعها إلى الأرض. وقد دلت النماذج الحاسوبية للجو على أن مضاعفة محتواه من ثاني أكسيد الكربون سترفع متوسط الحرارة على الأرض من 1,5 إلى 3 درجات (الارتفاع الأكثر احتمالا هو 2,8 درجة). ولكن هذه الزيادة لن تكون موزعة بالتساوي. فأصغر ارتفاع (درجتان) سيكون في المدارين (قرب خط الاستواء) وأعلى ارتفاع (9 درجات) في المناطق البعيدة عن خط الاستواء، حيث سيطول فصل الزراعة ويتحسن الإمداد بالمياه. أما عند المناطق المعتدلة، فسيؤدي نقصان الهطولات وزيادة الحرارة




31- أعلى مستويات للبحر في ال 150 ألف سنة الماضية. إن السطيحة التي تعلو عن سطح البحر الآن 5 أمتار تشكلت منذ 120-125 ألف سنة بعد تحطم قلنسوة المحيط المتجمد الجنوبي الغربية. وتمثل الأقسام من I إلىVII الفترات الحارة بين عصرين جليديين.

Source: W. S. More, “Late Pleistocene Sea Level History“, in Uranium Series Disequilibrium: Application to Environmental Problems, eds. M. Ivanovich and R. S. Harmon (Oxford: Clarendon Press, 1982).

إلى الجفاف. وإذا كان الري كافيا، أدت زيادة ثنائي أكسيد الكربون في الجو إلى تحسن نمو النبات، لأنها تعجل التركيب الضوئي وتنقص من الماء الضائع. وفي المحيط المتجمد الشمالي قد تصبح المعابر المائية في الشمال الشرقي والشمال الغربي صالحة للملاحة.

ويدل ذلك كله على أن الإنسان يمكن أن يكيف نفسه مع تغيرات الطقس، وأن بعض البلدان ستستفيد أيضا من هذه التغيرات. ولكنْ ثمة خطر واحد عظيم، فمستوى البحر يرتفع حاليا 1,5 ملليمتر في السنة، ويعود ذلك جزئيا إلى تزايد كمية ثنائي أكسيد الكربون المنحل في البحر، وجزئيا أيضا لتزايد ذوبان جليد المحيطين المتجمدين الشمالي والجنوبي. فلو أن قسما كبيرا من جليد المحيط المتجمد الجنوبي الغاطس حاليا تحت سطح البحر تحطم وذاب، لارتفع مستوى البحر بسرعة أكبر بكثير ووصل إلى مستوى يعلو عن مستواه الحالي بخمسة أو ستة أمتار.

وهناك بلدان عديدة تشاهد فيها الآن سطيحات terraces صخرية تعلو عن سطح البحر خمسة أمتار، وفيها أحافير تثبت أن هذه السطيحات كانت في أحد الأيام مغمورة بالماء.

ومثل هذه السطيحات عمرها 125 ألف سنة، وهي ترجع إلى الفترة الأشد حرارة بين عصرين جليديين (الشكل 33). وربما سيحتاج الأمر إلى مدة طويلة تقدر بمائتين إلى خمسمائة سنة لكي يحدث ذلك ثانية. ولكن البحر سيرتفع من 2 إلى 3 سنتيمترات بالسنة، وهذا يكفي لأن تغمر بسرعة، لا البندقية وحدها، بل نيوأورليانز ولندن وهامبورغ وهولندا (البلاد المنخفضة)، وسهل البو (في إيطاليا)، إضافة إلى العديد من المناطق الخصبة والمكتظة بالسكان في العالم[86]. وهذا خطر لا يمكننا تحمله، على أن إزالة ثنائي أكسيد الكربون من الدخان ستكلفنا من الطاقة بقدر ما أنتج من حرق الوقود.

فالسؤال إذن: هل يمكن سد العجز المتوقع في الطاقة من مصادر تتجدد باستمرار، كالطاقة الكهرمائية والوقود الحيوي، وحرارة باطن الأرض، وأشعة الشمس، والمد والجزر، والرياح؟ فالطاقة الكهرمائية، ازداد استخدامها في العالم كله بمعدل سنوي متوسطه أكثر من 5 في المئة في السنوات الخمسين الماضية، ولكنها على الرغم من ذلك لا تقدم الآن أكثر من 7 في المئة من طاقة العالم، وتوليدها نظيف ويمنع فيضان الأنهار ويساعد على ري التربة، ولكن مباشرة عملها مكلفة، ويمكن أن تفقر الدولة. ثم إن الكثير من إمكانات الطاقة المائية في البلدان المتطورة مستثمر أصلا، لذا لا يمكنها أن تسد سوى جزء، وليس أكثر، من عجز الطاقة الذي سيخلفه نفاد الوقود الأحفوري، أما في البلدان النامية فقد سحب وسطيا أقل من عشر مواردها من الطاقة المائية.

ولاتزال هناك موارد متجددة أخرى كثيرة للطاقة. ولكن ثمة صعوبات في عدد منها كان قد شرحها بأكثر ما يكون وضوحا الفيزيائي الروسي بيتر كابيتسا[87].

فقد تعلمنا من القانون الثاني في الثرموديناميك (الديناميكا الحرارية) أن الكفاءة (أو المردود) التي يمكن أن نستثمر بها الطاقة من مصدر ما، لا تتوف على كمية الطاقة الكلية التي يمكن أن ينتجها المصدر في الزمن

الواحد فحسب، بل تتوقف أيضا على كثافة تدفق الطاقة فيه[*38]. فالطاقة التي يمكن أن نحصل عليها مثلا من جدول صغير يندفع بسرعة منصبا من أعلى جبل مرتفع، أكبر من تلك التي يمكن أن نحصل عليها من جدول أعرض بكثير ويجري ببطء عبر السهول، على الرغم من أن الاثنين ينتجان الطاقة ذاتها في وحدة الزمن[*39].

ونخلص من هذا القانون إلى أننا في حالة ريح سرعتها 10 أمتار في الثانية، نحتاج إلى 25 ألف طاحونة هوائية صغيرة قطر ريشة مروحتها 8 أمتار، أو إلى 250 طاحونة عملاقة قطر ريشتها 80 مترا لكي نولد الطاقة ذاتها التي يولدها مفاعل (ولود) breeder سريع طاقته1000 ميغا واط أو بدلا من ذلك، كان يجب تجميع أشعة الشمس على مساحة 50 كيلومترا مربعا على الأقل لكي تولد 1000 ميغاواط على مدار السنة. إن تدفق الطاقة من جميع مصادر الطاقة الأخرى المتجددة منخفض أيضا. فاستثمار مثل هذه المصادر يحتاج إلى توظيف رأسمال ضخم بصورة غير مألوفة للحصول على عائدات هزيلة.

وتقدر مديرية الطاقة في بريطانيا أن مصادر الطاقة المتجددة مجتمعة، لا يمكنها أن توفر لبريطانيا حتى نهاية القرن سوى عشرة بالمئة فقط من مجموع الطاقة التي تحتاج إليها، مع أن هناك من يرى أن هذا التقدير منخفض جدا.

وقد حدد الرئيس الأمريكي السابق جيمي كارتر هذه النسبة في الولايات المتحدة بـ 20 في المئة هدفا لها، بما في ذلك الطاقة الكهرمائية الإضافية. غير أن الخبراء يرون أن 12 في المئة هو الرقم الأكثر واقعية. ولكن من الممكن بالمقابل أن تسهم المصادر المتجددة إسهاما جوهريا في البلدان الجنوبية، فحيث لا تحتاج أي قرية إلى أكثر من 50 كيلو واط للري والإضاءة، تكون طاقة الشمس والريح، أو الميثان المتولد من تخمر روث البقر، طاقة اقتصادية أكثر من تلك المولدة من محطة كهرباء نائية. وكانت البرازيل تحلم بأن تحصل بحلول عام 1985 على 20 في المئة من مجمل وقودها السائل من تخمر قصب السكر و (المنهوت) cassava.

وهناك أخيرا أمل بعيد بالحصول على الطاقة من الاندماج النووي الذي يمكن التحكم فيه[88]. وهذه الطريقة لا يمكن أن يسيء الإرهابيون

استعمالها، كما أنها لن تنضب، فهي لذلك ستزودنا بكفايتنا من الطاقة إلى الأبد، ولكن المشكلات التقنية التي تطرحها هائلة، كما أنه ليس واضحا بعد متى ستحل ـ هذا إذا كان هناك حل أصلا ـ وليس من الواضح أيضا عدم وجود مشكلات للاندماج النووي من حيث نشاطه الإشعاعي.

ترى ما الذي سيحدث لو أن الأمم الأكثر غنى قررت عدم بناء محطات طاقة نووية جديدة وإغلاق الموجود منها بدعوى أن مخاطرها كبيرة جدا؟ لقد لفت نظري هرمان بوندي الرئيس السابق لمديرية الطاقة البريطانية، إلى أن قرارا كهذا سيزيد تفاوت توزيع الطاقة الحالي في العالم، لأنه سيرفع سعر الوقود الأحفوري إلى مستوى يجعله بعيدا كل البعد عن متناول البلدان الفقيرة. وهذا ما يحدث حاليا في الهند التي تنفق 70 في المئة من عائدات التصدير على شراء البترول. لذلك، كما يدلل بوندي، كان من الضروري جدا أن يجد العلماء حلولا تقنية لمخاطر الطاقة النووية، وأن يقنعوا الناس بأنها بديل آمن للوقود الأحفوري، ومن دون ذلك يمكن لنقص هذا الوقود أن يؤدي إلى توقف الكثير من الزراعة والصناعة في البلدان التي لن تقدر بعدئذ على شرائه، وقد عبرت هيئة الطاقة الذرية الدولية عن وجهة النظر هذه نفسها.

أما الفقيد السير مارتن رايل Ryle الحائز جائزة نوبل في الفيزياء وأكثر المنتقدين صراحة لسياسة الطاقة الرسمية في بريطانيا، فكان يأخذ بوجهة نظر مختلفة كل الاختلاف، ويحاول أن يثبت أنه حتى في أكثر التنبؤات تفاؤلا، لن تكون الطاقة النووية حتى نهاية القرن الحالي قادرة على تقديم أكثر من جزء صغير من كامل الطاقة التي يمدنا بها الوقود الأحفوري، وكان يقدر هذه الطاقة كلها في بريطانيا بحدود 320 ألف ميجاواط، منها 45 ألفا فقط يمكن أن تأتي من الطاقة النووية. ولن يكون بالإمكان من الناحية العملية رفع توليد الكهرباء الحالية بالطاقة النووية إلى أي قيمة قريبة من هذا المجموع.

لذلك كان يحاول أن يبين أنه من غير الممكن سد العجز الكبير في الطاقة إلا بتقليص حجم التبديد وباستغلال مصادر الطاقة المتجددة بأقصى ما يمكن. وكان في تقديره أنه لو صرفت تكاليف بناء محطة طاقة نووية على أجهزة تحد من تبديد الطاقة بدلا من المحطة، لأمكن توفير طاقة أكثر

بثلاث مرات مما تنتجه المحطة في عمرها. وهذا ما يصح بوجه خاص على البلد الأكثر استهتارا بتبذير الطاقة وهو الولايات المتحدة.

كما ترى الهيئة الاقتصادية الأوروبية أيضا أن حفظ الطاقة من التبديد مكافئ لأحسن مصادر الطاقة الإضافية. أما رايل فكان يرى أن فعالية المراوح الهوائية ومجمعات الحرارة الشمسية وأجهزة تخزين الحرارة، تتحسن بسرعة بحيث إن التقديرات الرسمية لإسهاماتها الممكنة أصبحت متخلفة جدا عنها (أي عما تنتجه فعلا)، وقد ذكر في تقريره أيضا أن نسبة 44 في المئة كانت قد أوردت على سبيل المثال في الدنمارك كإسهام لمصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2000، وفي كندا 100 في المئة حتى عام 2025.

ولكن هناك من يشكك في هذه التقديرات للأسباب التي جئت على ذكرها ومهما يكن من أمر فإن رايل يرى أن توليد الطاقة النووية لا يستحق المخاطرة[89].

وأعتقد أن الواجب يدعونا إلى الموازنة بين إمكان وقوع حادث نووي مؤلم آخر أو ظهور إرهاب نووي، وبين الخطر الأكثر رجحانا وهو نقص الطاقة الحاد في العالم، ولدي انطباع بأن معارضي الطاقة النووية لا يولون اهتماما كافيا للبطالة والمجاعات والقلق الاجتماعي والتوترات الدولية التي يمكن أن يكون نقص الطاقة باعثا لها. فالتقهقر الاقتصادي مثلا، الذي بدأ في عام 1973 كان سببه اختلال ميزان المدفوعات الناجم عن تضخم أسعار النفط.

لقد ارتفع سعر النفط آنذاك نتيجة لقرار سياسي اتخذته الدول المنتجة، ولكن ذلك تم مع بقاء النفط متوافرا، أما حين يصبح نقص النفط طبيعيا واستخراجه أكثر مشقة، فعندئذ من المتوقع أن يرتفع سعره باطراد ارتفاعا باهظا إلى مستويات أعلى بكثير مما كان عليه في السبعينيات، ويظهر الشكل (25) أن هذا ليس أمرا يمكن تجاهله، أو تنبؤا يمكن أن يتحقق يوما ما في المستقبل غير المنظور، وإنما هو أمر سيصيب أبناءنا وأحفادنا، وسيعمق نقص الطاقة مآزق البلاد الأشد فقرا والأكثر اكتظاظا بالسكان، وحتى البلدان الأكثر غنى ستضطر إلى تخفيض مستوى معيشتها، وقد رأينا سابقا أن أكثر احتياطيات الفحم في العالم موجودة في الاتحاد السوفييتي السابق وفي الولايات المتحدة، لذلك قد تغريهما قوتهما العسكرية،

باحتكار معظم ما تبقى من مصادر البترول والغاز الطبيعي، الأمر الذي سيمكنهما بدوره من تأخير هذا التخفيض المؤلم لمستوى المعيشة في بلديهما، في حين أن الأمم الأضعف يمكن أن تفتقد الطاقة التي تحتاج إليها لبقائها. فالاستفادة من الطاقة النووية في هذه الحالة ستبقي مصادر الوقود الأحفوري العالمية مدة أطول وستخفف من اعتماد البلدان الضعيفة على هذه المصادر. لذا على البلدان التي تطالب بالتخلي عن الطاقة النووية أن توازن بين مخاطر الحوادث النووية التي يمكن تجنبها، وبين نقص الطاقة المتوقع بالتأكيد في المستقبل والمعاناة التي سيجرها، كما يجب أن تتذكر هذه البلدان التهديدات المرعبة التي يطرحها مفعول الاحتباس الحراري (الدفيئة).

ولكن لاتزال هناك آمال مبهمة بحل مشكلة نقص الطاقة، ففي العالم مكامن صخمة لهيدرات الميثان، وهو مركب يتكون من جزيئات ميثان محجوزة في أقفاص من جزيئات الماء تفوقها عددا بنسبة 6 أو 17 إلى 1. وتوجد هذه المكامن تحت الجمد السرمدي permafrost في سيبيريا وألاسكا وكذلك في رسوبيات المحيط العميقة. فهذا الجمد السرمدي يمتد إلى عمق يتراوح بين 300 و600 متر، ويتراوح سمك مكامن الميثان بين 300 متر و1000 متر.

ويمكن لمكامن هيدرات الميثان أن تزيد كثيرا على احتياطيات الغاز الطبيعي المعروفة. ولكن من غير الواضح إن كان بالإمكان استخراج هيدرات الميثان بمصروف من الطاقة أقل من ذلك الذي سنحصل عليه من حرق الميثان[90].

وكان الفيزيائي الفلكي البريطاني توماس جولد قد تنبأ بوجود احتياطيات هائلة من الميثان في الطبقات العميقة من قشرة الأرض[91]. والآن، وضعت هذه الفرضية موضع الاختبار في السويد، فقد حُفر ثقب عمقه عدة كيلومترات. وغالبا ما صدقت فرضيات جولد العبقرية والجريئة.

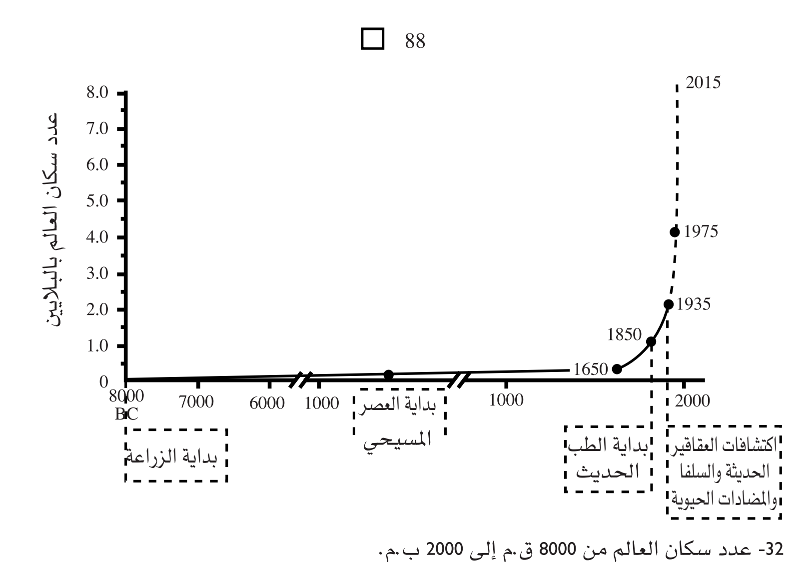
فإذا ما تبين في هذه المرة أنه أيضا على صواب، أمكن للإنسان أن يتزود على أحسن وجه بالطاقة في المستقبل البعيد. ولكن العالم سيظل يواجه عندئذ مشكلة ارتفاع معدل ثنائي أكسيد الكربون المستمر في الجو، ولا يمكن أن يخلصه من حدوث ذلك إلا الطاقة النووية أو تحويل الطاقة الشمسية على نطاق واسع.

## استهلاك الطاقة والمخزون الغذائي والنمو السكاني:

تستهلك أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية 55 في المئة من الطاقة المستخدمة في العالم، وفي كل عام، تطلبان المزيد لدعم ارتقاء أعلى في مستوى المعيشة، المرتفع أصلا عندهما ارتفاعا غير معقول.

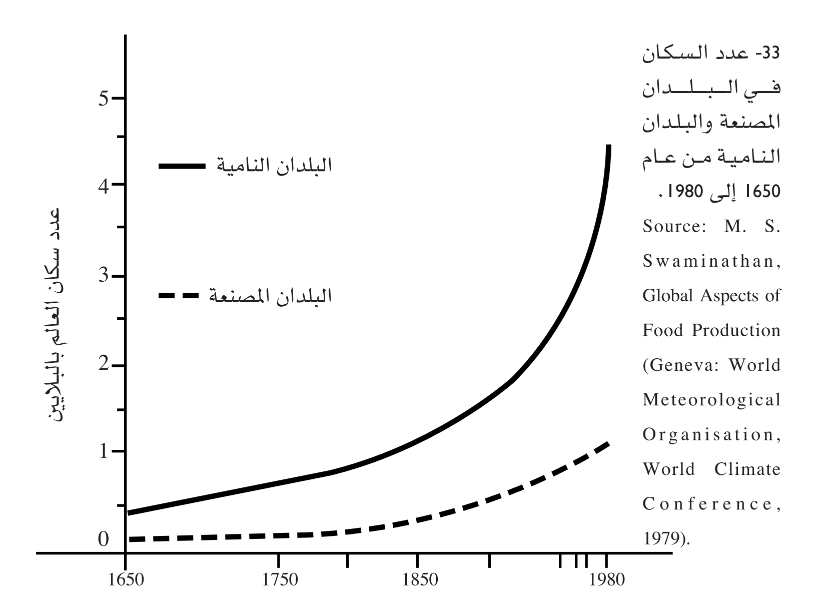
فالإنسان الغربي المتوسط يصرف على التبغ والشراب وأدوات التجميل في السنة أكثر من متوسط دخل الفرد السنوي في الهند. وفي بلدان نامية عديدة، لا يمكن أن يرتفع إنتاج الغذاء إلى أكثر من مستوى البقاء (على قيد الحياة) وذلك بسبب فقدان الطاقة ورأس المال اللازم لإنتاج الأسمدة الآزوتية. فما نحتاج إليه ليس رفع استهلاك الطاقة في البلدان الأغنى، وإنما توزيع أكثر عدلا للطاقة التي ينتجها العالم. ويظهر الشكلان 25 و26 التضارب الشديد بين استهلاك الوقود الأحفوري المتسارع، وإمداداته الآخذة بالنضوب. ويبدو في الوقت الراهن أنه ليس هناك ما يكفي من الطاقة المتاحة لدعم نمو اقتصادي لا نهاية له. ففي القرن القادم، ستكون جميع الإمكانات ـ بما في ذلك الحفاظ على الطاقة والقدرة المستمدة من مصادر طاقة متجددة، والطاقة النووية ضرورية لضمان بقاء الحياة المتحضرة، ولا سيما في البلدان الأفقر.

إن سكان العالم يتضاعفون حاليا كل 25 أو 30 سنة، ومن المتوقع أن يبلغ عددهم نحو ستة بلايين نسمة في عام 2000 (الشكلان 32 و33). وعندئذ سيكون معدل المساحة المزروعة للشخص الواحد من السكان قد انكمش إلى ثمن هكتار. ويبين (الجدول 6) معدلات الارتفاع المرعبة في النمو السكاني في عدة بلدان نامية. إن معدلات نمو سكاني من 3,2 إلى 4,5 في المئة في السنة يقابلها تضاعف في عدد السكان خلال ثمان وعشرين إلى خمس عشرة سنة فقط (الشكل 34)[92]. وفي بلدان عديدة هي في الأصل فقيرة جدا ـ مثل كينيا وزائير ونيجيريا ومصر ـ سيصل عدد السكان بحلول عام 2000 إلى أعداد هائلة. ففي نيجيريا وحدها سيتجاوز العدد الإضافي من السكان 50 مليونا، أي بما يقرب من عدد سكان ألمانيا الغربية، في حين أن دخل الفرد الحالي في نيجيريا يعادل جزءا واحدا فقط من 15 من متوسط دخل الفرد في ألمانيا الغربية. وتنتج هذه الزيادات المتوقعة جزئيا، من انخفاض وفيات الأطفال وتزايد متوسط العمر المتوقع للفرد (الشكل 34).




32- عدد سكان العالم من 8000 ق.م إلى 2000 ب.م.

Source: M. S. Swaminathan, Global Aspects of Food Production (Geneva: World Meteorological Organisation, World Climate Conference, 1979).




33- عدد السكان في البلدان المصنعة والبلدان النامية من عام 1650 إلى 1980.

Source: M. S. Swaminathan, Global Aspects of Food Production (Geneva: World Meteorological Organisation, World Climate Conference, 1979).

والحقيقة أن معدل الولادات في البلدان النامية انخفض في السنوات العشرين الماضية. وقد غذى هذا الاتجاه الآمال في أن يستقر عدد سكان العالم في النهاية حول 10 بلايين نسمة. وربما يرد هذا التوقع إلى لطافة هذا العدد المدور. ولكن على الرغم من نجاح الزراعة العلمية، لا يرجح أن يظل إنتاج العالم من الغذاء مسايرا لارتفاع عدد السكان. وهناك عدة أسباب تدعونا إلى هذه النظرة القاتمة. أحدها هو تحويل بعض من أجود الأراضي الزراعية إلى أبنية وطرقات. ففي الولايات المتحدة كانت 400 ألف هكتار من صفوة الأراضي المنتجة تحول كل عام إلى أغراض غير زراعية ما بين عامي 1967 و1977. وهذا يعني فقدان ما يقرب من 3 في المئة في عشر سنوات. وبلغت الخسارة في ألمانيا الغربية ما بين عامي 1960 و1970، 2,5 في المئة. وفي بريطانيا وفرنسا 2 في المئة. ويتوقع أن ترتفع مساحة الأراضي التي يمكن زراعتها بالحبوب في العالم بنسبة 9 في المئة فقط بين عامي 1980 و2000، في حين سيرتفع عدد سكان العالم بنسبة 40 في المئة. وهذا يعني أن المساحة المزروعة بالنسبة للفرد ستنخفض من 0,17 هكتار إلى 0,13 هكتار (الجدول 7)[93]. يضاف إلى ذلك أن الأرض التي تُحول إلى الزراعة في بلدان العالم الثالث هي بوجه عام متدنية الخصوبة.

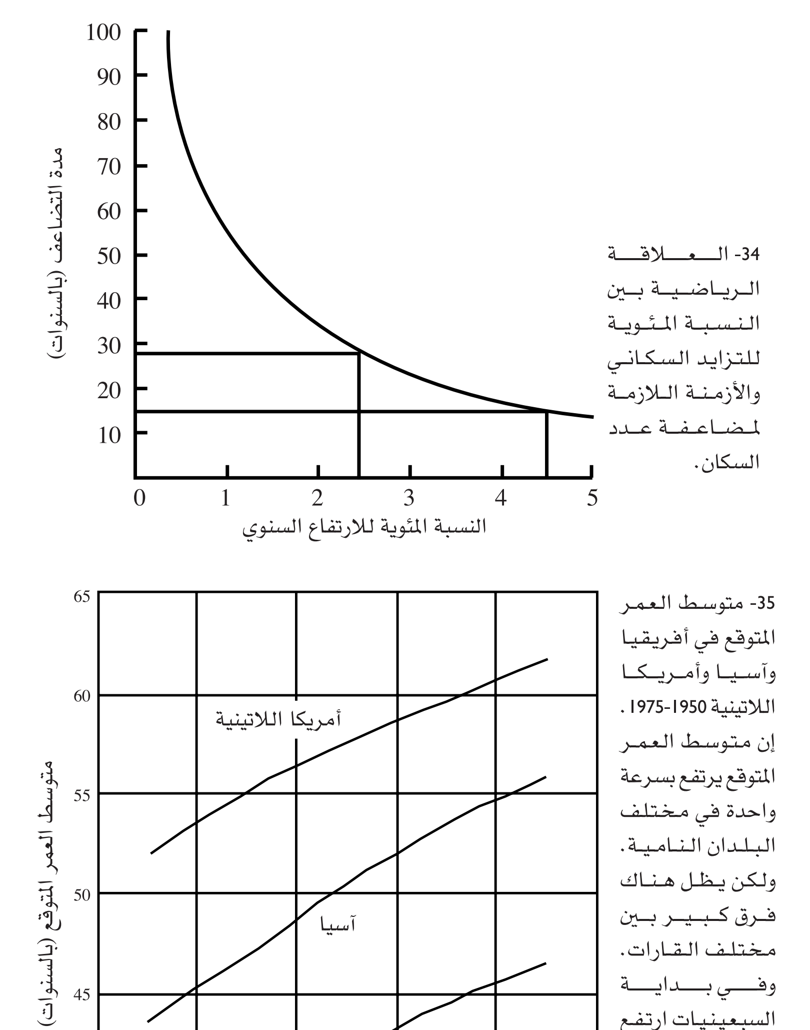
في عام 1980 تدنى احتياطي العالم من الحبوب تدنيا أنذر بالخطر، فقد تدنى إلى ما يكفي لاستهلاك العالم في 40 يوما فقط. ولكن الثورة الخضراء رفعت منذ ذلك التاريخ محاصيل العالم بأكثر من 2 في المئة في السنة، في حين أن الهبوط الاقتصادي خفف من الطلب. فكانت النتيجة أن الاحتياطيات ارتفعت بقدوم عام 1986 إلى ما يكفي لاستهلاك العالم في 84 يوما. هذا عدا أنه على الرغم من التقهقر الاقتصادي، فقد حملت السنوات الأخيرة معها بعض التحسن في تغذية سكان العالم، إذ ارتفع استهلاك الفرد للغذاء في البلدان النامية، وسطيا بنحو 3 في المئة في السنة، وفي الصين 4,5 في المئة، ولو أن هذه البلدان كانت قادرة على تحصيل أسعار أعلى لمنتجاتها الأولية، أو على دفع فوائد أقل عن ديونها الهائلة، لأمكنها بسهولة شراء فائض الحبوب لدى الديموقراطيات الغربية واستهلاكه. ولكن هذا الفائض ستدعو الحاجة إليه لمسايرة تزايد سكان العالم.

إن البلدان التي لديها فائض كبير مما تنتجه من غذاء هي فقط

**جدول 6 – إحصاءات أساسية عن بلدان نامية وبلدان متطورة نموذجية**

| البلد | النسبة المئوية للتزايد السكاني في السنة 1973-1984 | النسبة المئوية للنساء المتزوجات اللاتي يستعملن موانع الحمل 1983 | وفيات الأطفال دون السنة (بالألف) 1965 | 1984 | النسبة المئوية لتغير معدل المواليد 1965-1984 | عدد السكان (بالملايين) 1984 | 2000 | الناتج القومي الإجمالي (GNP) بالدولار بالنسبة للفرد 1984 | تغير النسبة المئوية للناتج القومي الإجمالي بالنسبة للفرد 1965-1985 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ساحل العاج | 4,5 | ؟ | 176 | 106 | 2,4+ | 10 | 17 | 550 | 0,2+ |
| كينيا | 4,0 | 17 | 113 | 92 | 4,3+ | 20 | 35 | 275 | 2,1+ |
| زائير | 3,0 | 3 | 142 | 103 | 28,3- | 30 | 47 | 125 | 1,6- |
| نيجيريا | 2,8 | 5 | 179 | 110 | 3,4- | 96 | 163 | 660 | 2,8+ |
| مصر | 2,6 | 30 | 173 | 94 | 17,2- | 46 | 65 | 650 | 4,3+ |
| البرازيل | 2,3 | 50 | 104 | 68 | 24,6- | 133 | 179 | 1550 | 4,6+ |
| الهند | 2,3 | 35 | 151 | 90 | 27,1- | 749 | 994 | 235 | 1,6+ |
| الصين | 1,4 | 71 | 90 | 36 | 51,3- | 1029 | 1245 | 280 | 4,5+ |
| الولايات المتحدة | 1,0 | 76 | 25 | 11 | 19,1- | 237 | 263 | 13900 | 1,7+ |
| الاتحاد السوفييتي (السابق) | 0,9 | ؟ | 30 | غير متاح | 8,9+ | 275 | 307 | غير متاح | غير متاح |
| إيطاليا | 0,3 | 78 | 38 | 12 | 46,1- | 57 | 59 | 5800 | 2,7+ |
| بريطانيا العظمى | 0 | 77 | 20 | 10 | 28,0- | 56 | 58 | 7750 | 1,6+ |
| ألمانيا الغربية | 0,1- | غير متاح | 26 | 10 | 46,3- | 61 | 60 | 10000 | 2,7+ |

Source: World Development Report, 1986 (Oxford University Press for the World Bank, 1986).




34- العلاقة الرياضية بين النسبة المئوية للتزايد السكاني والأزمنة اللازمة لمضاعفة عدد السكان.

35- متوسط العمر المتوقع في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية 1950-1975. إن متوسط العمر المتوقع يرتفع بسرعة واحدة في مختلف البلدان النامية. ولكن يظل هناك فرق كبير بين مختلف القارات. وفي بداية السبعينيات ارتفع متوسط العمر المتوقع إلى نحو سبع وأربعين سنة في أفريقيا وإلى سبع وخمسين في آسيا وإلى اثنتين وستين في أمريكا اللاتينية.

Source: D. R. Gwadkin and S. K. Brandel, “Life Expectancy and Population Growth in the Third World, “Scientific American 246 (May 1982): 33.

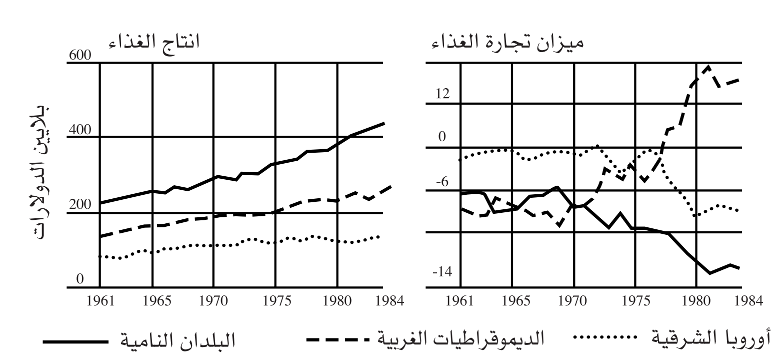
الديموقراطيات الغربية وأستراليا ونيوزيلندا. ويظهر الشكل (36) أن إنتاجها يرتفع ارتفاعا حادا، وأن إنتاج الدول النامية يحقق ارتفاعا طفيفا. في حين أن بلدان شرق أوروبا أخفقت في تحقيق أي ارتفاع في إنتاجها. ونتيجة لذلك، تزايدت صادرات البلدان الصناعية الغربية من الغذاء، أما البلدان النامية فتستورد غذاء أكثر مما تصدر، وبلدان أوروبا الشرقية، التي تمتلك بعضا من أغنى الأراضي الزراعية في العالم، تستورد أكثر منها أيضا.

يبدو كأن الإنسان قد ذهب بعيدا في تعديه على المصادر الزراعية التي يجب أن يعيش عليها أولاده وأحفاده. فالنهم إلى الغذاء أو إلى الربح، أو سوء التخطيط أوالإدارة، كما في الدول الشيوعية والاتحاد السوفييتي، جعل المزارعين يشتطون في استثمار أراضيهم إلى أبعد من إمكانياتها.

**الجدول 7- عدد سكان العالم وأراضي زراعة الحبوب، 1950-2000**

| العام | عدد سكان العالم (بالبلايين) | أراضي زراعة الحبوب (بملايين الهكتارات) | المساحة للشخص الواحد بالهكتارات |
|---|---|---|---|
| 1950 | 2,51 | 601 | 0,24 |
| 1980 | 4,42 | 758 | 0,18 |
| 2000 | 6,20 | 828 | 0,13 |

Source: World Development Report, 1986 (Oxford: Oxford University Press for the World Bank).




36- إنتاج الغذاء وميزانه التجاري مقدرا بملايين الدولارات في البلدان النامية والديموقراطيات الغربية وأوروبا الشرقية 1961-1984. لاحظ التباين بين الارتفاع الحاد في الديموقراطيات الغربية والركود في أوروبا الشرقية. هناك قلق متزايد من أن البلدان الغربية الصناعية هي البلدان المحيدة الآن المصدرة للغذاء.

Source: World Development Report, 1986 (Oxford: Oxford University Press for the World Bank 1986).

وهذا قصر نظر يؤدي تدريجيا إلى إضعاف خصوبة الأرض، في حين تستمر خصوبة الإنسان بالارتفاع، وفي العالم الثالث يلقي السياسيون تبعة فقر شعوبهم وسوء تغذيتها على استغلال الغرب. إن في العديد من هذه الاتهامات جانبا من الحقيقة، ولكن حتى أكثر السياسات تنورا وكرما في الغرب، لن تكون في نظري قادرة على منع كوارث المجاعة مالم تشرع دول العالم الثالث نفسها بالحفاظ على تربتها وإبطاء التزايد السكاني عندها، إذ مازلنا كما يقول جون شتاينبك Steinbeck «لا نستطيع أن نمنع إنسانا من أن يكون قد ولد أو على الأقل ليس بعد».

وكثيرا ما يقال إن الشعوب التي بلغت أصلا مستوى معيشة عاليا، هي وحدها التي تستخدم وسائل منع الحمل، وأنه من غير الممكن إقناع الشعوب غير المتعلمة أو الشعوب التي ثقافتها غير أوروبية، باللجوء إلى تحديد النسل. ولقد أثبتت الصين الآن أن من الممكن إقناع الناس، حتى الأميين منهم، بأن اكتفاء العائلة بولد واحد هو الطريقة الوحيدة لضمان مستقبل هذا الولد. كما أن الصين تنتج على نطاق واسع موانع حمل رخيصة ولائقة اجتماعيا، وكافية لسكانها الذين تجاوزوا البليون نسمة[94]. ويزعم بأسى أن المجتمعات الإسلامية تقاوم كل شكل من أشكال تحديد النسل[*40]. لذلك نشهد حاليا ارتفاعا في عدد السكان في مصر وفي عدد من البلدان الإسلامية الأخرى بمعدل يتضاعف فيه هذا العدد كل عشرين سنة فقط. وأنا لا أرى سبيلا إلى تزويد هذه الأعداد الغفيرة بوظائف مربحة أو بالغذاء اللازم لإبقائهم أحياء، علما أن الموازنة بين فوائد منع الحمل ومخاطره ترجح كفة الفوائد ترجيحا كاسحا. وحتى في بريطانيا، مع ما تتميز به دور التوليد فيها من عناية، تفوق مخاطر الولادة مخاطر تناول حبوب منع الحمل عن طريق الفم. وهكذا فإن الأحكام المسبقة الفقهية أو الاجتماعية التي تؤخر استعمال موانع الحمل في بلدان عديدة، ولاسيما معارضة الكنيسة الكاثوليكية لإدخالها إلى العالم الثالث، ستكلف البشرية ثمنا باهظا من آلامها. والطريف، أن البلدان المتطورة التي توجد فيها أعلى نسبة مئوية من النساء اللاتي يستعملن موانع الحمل، هي البلدان التي يغلب عليها الطابع الكاثوليكي، كإيطاليا وفرنسا وبلجيكا، وهذا على الرغم من معارضة الكنيسة لها. وهذه النسبة تزداد ببطء أيضا في الدول النامية (الجدول 6).

## العلم والسياسة:

هل يستطيع العلم أن يفعل شيئا ما للتخفيف من التوترات الدولية أو القومية؟ إن العلم مجرد معرفة، وليس له مضمون سياسي. ولكن الفيلسوف كارل پوپر Poper الذي خصص كثيرا من تأملاته للطرائق العلمية ولتطبيقاتها على المجتمع، أثبت أن العلم يستطيع على الأقل أن يسهم إسهاما متواضعا في توجيه الناس نحو موقف علمي من المسائل السياسية. وقد هاجم في إحدى دراساته عن تاريخ العلم السياسي، التي عنوانها «المجتمع المنفتح وأعداؤه»، أولئك الفلاسفة الذين أصبحوا فيما بعد من دعاة الاستبداد[95]. إذ يستشهد مثل هؤلاء الفلاسفة بقوانين تقول إن المجتمع الإنساني مقيد بالسير (أو التطور) وفق مسارات محددة ومرسومة: ولقد صوّر أفلاطون هذا المسار بأنه انحلال يبدأ من دولة مثالية متكاملة، واقترح أن هذا الانحلال يجب أن يوقعه نظام سلطوي صارم تفرضه الأقلية الحكيمة على الأكثرية المغفلة. ولقد كان كتاب جورج أورويل Orwell «عام أربعة وثمانين وتسعمائة وألف» كاريكاتورا بارعا لجمهورية أفلاطون. وتبعا لقوانين ماركس في التاريخ: يؤدي التصنيع في البدء إلى صراع الطبقات، وبعدئذ إلى الثورة المظفرة وديكتاتورية البروليتاريا، وأخيرا إلى زوال الحكومة نهائيا.

لقد انطلق پوپر من مقدمة تقول إن المجتمع طراز من البناء أعقد من أن نستقي من ماضيه قوانين نبني عليها تنبؤات حول المستقبل. ولقد أثبتت الأبحاث الأنثروبولوجية حول أصل الجنس البشري وتطوره، أن المجتمعات البدائية، خلافا لرأي أفلاطون، أبعد من أن تكون نماذج للكمال الأخلاقي، وأن أنظمتها الاجتماعية ظلت بوجه عام ساكنة. كما أن الثورات حدثت فقط، بخلاف ما ارتآه ماركس، في المجتمعات الزراعية الخاضعة لنظام إقطاعي.

في حين أن الطبقة العاملة في المجتمعات الراقية التصنيع اتجهت نحو الاندماج مع البورجوازية. والواقع أن كل ما أذيع في الماضي من قوانين مزعومة للتاريخ كذبتها الحوادث. ويحاول پوپر أن يثبت أن المستقبل يتوقف علينا نحن وحدنا. إذ لا وجود لقانون يجعل من الحروب العالمية أو من الحروب الأهلية بين الطبقات أمرا محتما. (فالأمر منوط بنا أن نضمن عدم حدوث مثل هذه الحروب).

ولقد قال اللورد أكتون Lord Acton: إن من طبيعة الديموقراطية أنها تستبق الثورة بحركة إصلاح في الوقت المناسب. كما ألح پوپر على أن هذه الإصلاحات يجب إجراؤها بروح العلم، الذي يرى أن المعرفة فيه مؤقتة ليس إلا، وأن القوانين الطبيعية ليست سوى فرضيات مؤهلة لأن تخضع لاختبار التجربة. ولكن ما من فرضية على الإطلاق يمكن إثباتها كليا، إذ توجد دائما إمكانية لأن تأتي تجربة تدحضها.

وعلى هذا فإن قانون جاليلو في التثاقل[*41] هو قانون علمي بحسب هذا التعريف للقانون العلمي، في حين أن مسلمات فرويد في التحليل النفسي ليست كذلك. وقد تجبرنا التجارب على تعديل فرضياتنا الأولى تدريجيا لتقترب أكثر فأكثر من الحقيقة. وقد صاغ بيتر ميداور هذه الفكرة بقوله: «إن التفكير العلمي هو نوع من الحوار بين الممكن والواقع، أو بين ما يمكن أن يكون وما هو كائن فعلا»[96].

وكان پوپر يجادل بأن المسائل السياسية والاقتصادية والاجتماعية يجب أن يتم تناولها بالنهج البراغماتي (الذرائعي) نفسه بدلا من اتباع نهج دوغماتي[*42]. ولكن لما كان المجتمع البشري في غاية التعقيد، فحتى أفضل الإصلاحات تخطيطا لن يكون لها دائما نتائج مضمونة.

ولا يرجح الوصول إلى النتائج المرجوة إلا في حال تغيرات تدريجية غير عنيفة، وحتى في هذه الحالة يمكن أن تكون النتائج مصحوبة بآثار جانبية غير ملائمة وغير متوقعة وأشبه ما تكون بالآثار الجانبية لدواء جديد. ولقد ارتأى پوپر أن على العلوم الاجتماعية أن تتعلم كيف تتنبأ بهذه الآثار الجانبية، وأن على السياسيين والإداريين أن يعدلوا باستمرار سياساتهم في ضوئها. ولكن هذه المقاربة المتفتحة لا يمكن تحقيقها إلا في ظل نقاش ديموقراطي حر.

ويقول شبان كثيرون في إيطاليا، مثل مورلان (إحدى شخصيات رواية روجيه مارتن دو جارد Les Thibault: Roger Martin du Gard): «ينبغي أن يتحطم كل شيء لكي نبدأ من جديد. بل ينبغي أن تزول حضارتنا الملعونة بأكملها لكي نستطيع أن نأتي للعالم بمستلزمات العيش اللائق». ولقد قال لي شاب إيطالي يشتغل بالعلم ويعيش عيشة رغدة في سويسرا: «إن الجامعات الإيطالية يعمها الفساد لدرجة أن عليك انتظار انهيارها قبل أن تستطيع

البدء بتأسيس جامعات لائقة» ـ ولكن كان على هذا الشاب أن يكون على اطلاع أفضل».

لقد بين پوپر أنه من غير المرجح أن تؤدي مثل هذه السياسة ـ التي تدعو إلى هدم ما هو قائم للانطلاق من «حالة نظيفة» ـ إلى النتيجة المرجوة، لأن تحطيم البناء الاجتماعي يحطم أيضا المؤسسات والقيم الأخلاقية، أي آداب السلوك وأصوله التي يمكن أن يبنى عليها مجتمع محسّن جديد. ولقد تأكدت حجج پوپر بالنتائج المدمرة التي نجمت عندما نفّذ الشيوعيون المتعصبون فعلا مثل هذه السياسة في كمبوديا، فلقد أدت إلى قتل مليوني إنسان وإلى المجاعة والمرض والعدوان.

إن العلم هو انتصار العقل، ولقد قال برتراند رسل «إن العقلانية، باعتبارها معيار الحقيقة العمومي واللاشخصي، هي على درجة قصوى من الأهمية، ليس فحسب في العصور التي تسود فيها بلا منازع، بل أيضا، وحتى أكثر، في الأزمنة الأقل حظا والتي تكون فيها مزدراة ومرفوضة باعتبارها حلما عقيما لمن لا يملكون الرجولة الكافية لأن يقتلوا عندما لا يستطيعون أن يكونوا موافقين».

ولكن العقل مع ذلك ليس كافيا. فقد كتب فيلسوف القرن الثاني عشر الفرنسي، بيتر أبلار Peter Ablard «إن العلم من دون ضمير هو موت الروح»، ولكن ليس الروح فحسب، ففي الثلاثينيات قرر علماء وراثة وأنثروبولوجيون وأطباء نفسانيون ألمان، أن العرق الألماني يجب أن يُطهر من الأشخاص «المتدنين» الذين اعتبر تدنيهم وراثيا.

ولقد ضمت لائحة هؤلاء: المواليد غير الطبيعيين، والمصابين بانفصام الشخصية (شيزوفرينيا) والمصابين بالمس والاكتئاب (أو الانقباض) (مثل ڤيرجينيا وولف[*43]، والمصابين بالصرع ولاديا (مثل دوستويفيسكي)، والكحوليين العتاة (مثل إرنست همنغوي). ولقد عقم هؤلاء في بادئ الأمر، وقبيل هجوم ألمانيا على بولونيا، تمت في ألمانيا ما بين 350 ألفا و400 ألف عملية تعقيم. وبعد اندلاع الحرب، تقرر قتل «المتدنين» بدلا من تعقيمهم.

وقد اختار أطباء نفسانيون وأطباء آخرون أولئك الذين سيرسلون إلى محطات مخصصة للقتل. ولقد كانت التصفية الجسدية مخططا لها ومنظمة من قبل هيئة مكونة من نحو ثلاثمئة عضو في المعهد الخاص بعلم الأعصاب

التابع لمشفى شاريت في برلين، ولقد دُمر مبنى هذا المشفى فيما بعد نتيجة للحرب. لذلك يقترح بعضهم الآن إقامة نصب تذكاري حيث كان المشفى مشيدا ويكتب عليه ما يلي:

**في ذكرى سياسة التصفية الجسدية**
**وتكريما لضحاياها المنسيين**

«هنا في شارع تيير غارتنشتراسي نظم الاشتراكيون القوميون أولى الجرائم الجماعية. لقد مات أكثر من 200 ألف أعزل بالغاز أو باستنشاق المنومات أو بالتجويع المدبر. وقد اعتبرت حياتهم عديمة الأهمية وسمي قتلهم القتل الرحيم. وكان مرتكبو هذا الإثم علماء وأطباء وممرضات وموظفين من إدارات العدل والصحة والعمل. وكان ضحاياهم مساكين أو يائسين أو مضطربين أو بحاجة إلى مساعدة. فقد جيء بهم من عيادات نفسانية ودور للعجزة ومستشفيات للأطفال والجيش ومخيمات وبيوت جماعية، وكان عدد الضحايا ضخما والقليل منهم فقط كانوا مدانين بالقتل»[97].

ولقد تشبث علماء الأعصاب وغيرهم بلهفة بتلك «المناسبات الضخمة» التي قدمت فيها أجساد الضحايا لإجراء البحوث. وأرسلت أدمغتهم المحفوظة في سائل حمضي بالبريد المستعجل، وكأنها مواد حربية خطيرة، إلى معهد القيصر ويلهام لأبحاث الدماغ في برلين وإلى معاهد أخرى[98]. وقد نشرت نتائج الدراسات حول هذه الأعضاء البشرية في المجلات العلمية المتخصصة، كما عرضت في لقاءات علمية لم تعرض وقائعها أي دليل على احتجاج من قبل أي من الحضور. وقد جاءت الاحتجاجات بالدرجة الأولى من رجال الدين الذين كانوا يسجنون بسببها. ومازال بعض العلماء والأطباء الذين نفذوا هذه الأعمال على قيد الحياة، يعيشون في عزلة مريحة، ينظرون إلى ماضيهم كما يبدو باعتزاز لاشتراكهم في جريمة قتل جماعية[99]. ولكن توجد الآن حركة متنامية لجعل الشعب الألماني يعي هذه الأحداث الرهيبة. فهي تبرهن على أن العقل وحده، من دون رحمة أو شفقة أو إحساس بالصحيح والخطأ، لا يمكن أن يمنع الناس من ارتكاب أفظع الجرائم المروعة.

ولقد دافع العالم المجري المولد جون ڤون نيومن بعد الحرب العالمية

الثانية، وعندما كانت الولايات المتحدة تحتكر القنبلة الذرية، عن فكرة أن هذه القنبلة يجب استعمالها لضرب الاتحاد السوفييتي ضربة تجعله عاجزا عن تطوير قنبلته الذرية. ولحسن الحظ فإن الشفقة قد تغلبت على هذه الحجة السمجة التي ما كانت لتعجز عن قتل الملايين لجريمة أنهم يعيشون في ظل نظام خاطئ. ولقد تحقق المزيد والمزيد من السياسيين أخيرا من أنه لا توجد حرب يمكن أن تجعل العالم آمنا سواء للرأسمالية أم للشيوعية أم لأي عقيدة عسكرية أو جنس، لأن أخطار الحرب الذرية أكبر كبرا لا متناهيا من أخطار حوادث محطات الطاقة النووية. ويمكن لقنبلة نووية حرارية أن تقتل عدة ملايين من الناس، والكثيرون منهم يموتون ببطء وبآلام رهيبة. وهي تترك 50 ألف كيلو متر مربع من الأرض غير قابلة للسكن لمدة شهر، ومنها 3 آلاف كيلومتر مربع تظل غير قابلة للسكن لمدة سنة[100]. ولن يجد الباقون الذين يعيشون في أي ملجأ (مهما كان) مكانا يذهبون إليه ليس مميتا بإشعاعاته، أو طعاما يأكلونه وليس ملوثا بالإشعاع. ولدى كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي نحو عشرة آلاف من هذه القنابل، ولا يزال يصنع منها المزيد باستمرار وبما يكفي لأن يقتل كل طرف من الطرف الآخر معظم سكانه ويجعل القسم الأعظم من أراضي العالم القابلة للزراعة مجدبة وغير قابلة للسكنى.

فعلى كل إنسان ذي حس سليم أن يشارك بمنع هذه الكارثة. أما الشبان الذين يتظاهرون الآن احتجاجا على محطات الطاقة النووية، فإنهم يحسنون صنعا لو ركزوا احتجاجهم على الفيزيائيين الذين يظلون يفرضون على الجيش أسلحة جديدة، وعلى الصناعيين الذين يتنافسون على صنعها وعلى الاستراتيجيين الذين يبتكرون أهدافا جديدة لها، وعلى السياسيين الذين يعتقدون أنها ستعزز قوتهم[101].

إن حربا نووية سوف تدمر كل شيء كان قد شيّد خلال قرون، ولكن من دون أن تعطينا سلطة للتحكم في ما يمكن أن ينبعث من الرماد - هذا إذا انبعث شيء منه. فعلينا أن نعمل على تطبيق العلم من أجل السلام وأن نسعى إلى توزيع خيراته على الجنس البشري كله توزيعا أكثر عدلا.

# الهوامش

(*1) فرنسوا بوشيه رسام فرنسي من القرن الثامن عشر كان يرسم مناظر ريفية أو أسطورية لها صفة تزيينية أنيقة ولطيفة.

(*2) وليم موريس شاعر ورسام وكاتب عن الفن الإنجليزي من القرن الماضي، كان له باع طويل في نهضة الفنون التزيينية. والإشارة إليه وإلى زبائنه هي إشارة إلى محبي الطبيعة البكر.

(*3) ينص هذا القانون على أن زيادة رأس المال على حد معين لا يترتب عليها زيادة مناسبة في الربح، أي يوجد حد أعلى لرأس المال في كل مشروع يتناقص من بعده المردود عند زيادة رأس مال.

(*4) dual (متثانيان)

(*5) نسبة إلى مالتوس Malthus (1766 ـ 1834)، عالم الاقتصاد الإنجليزي الذي دعا إلى كبح التزايد المتعاظم في عدد سكان العالم عن طريق تحديد النسل.

(*6) The Village Extension worker

(*7) المنيهوت أو الكاسافا: cassava نبات يستخرج من جذوره نشا مغذ.

(*8) Millet.

(*9) نبات يشبه الأقحوان أو البابونج.

(*10) Imperical Chemical Industries.

(*11) تتميز بكتيريا التدرن التاجي بأنها تستطيع إدخال جزء من دناها DNA في خلية نباتية. إذ تأخذ أولا جزءا من موروثات (جينات) هذه الخلية النباتية وتصلها بشدفة أو أكثر من دناها الخاص ثم تقوم هذه المورثات المنقولة مع شدفها بالاندماج من جديد مع صبغيات (كروموزومات) الخلية النباتية (انظر: مجلة العلوم ـ العددين 3, 4 ـ 1993).

(*12) أي إكسابها مناعة.

(*13) أي تركت تتزاوج فيما بينها بمعزل عن كل المجموعات.

(*14) موسيقي معاصر لموزار (1825 ـ 1750) أشيع أنه عمل على التخلص منه حسدا.

(*15) Titian أحد أعظم رسامي عصر النهضة الإيطاليين.

(*16) نوع من السرطان يسمى ابيضاض الدم.

(*17) المجين مجموع المورثات (الجينات).

(*18) الثالاسيميا مجموعة أمراض وراثية تضطرب فيها نسب تركيب الخضابات الثوية لعدم التوازن في إنتاج سلاسل الغلوبين (من كتاب محمد بديع حمودة: أمراض الدم).

(*19) Down's Syndrome.

(*20) Spina bifida.

(*21) Cystic Pibirosis.

(*22) To Code.

(*23) Infect.

(*24) إذ نعلم أن عدد الصبغيات عند الإنسان هو 23 زوجا أي 46 صبغيا.
(*25) هذه التسمية وردت في كتب كلية الطب في دمشق: «الفيزيولوجية المرضية» ص 166 المأمون والقطاني.
(*26) Huntington's Shorea وهو اضطراب عصبي يتميز باختلاجات عصبية في الوجه والأطراف.
(*27) يسمى هذا البروتين مستضدا antigen لأنه يستثير كريات الدم البيضاء المضادة للأجسام الغريبة.
(*28) encode.
(*29) دواء وهمي (غفل) placebo.
(*30) tar sands.
(*31) fast breeder.
(*32) load.
(*33) أو البورون boron.
(*34) positive void coefficient.
(*35) إن قضبان البور هي التي تساعد على التحكم بسرعة التفاعل. لأن إنزالها إلى داخل المفاعل يؤدي إلى تهدئة التفاعل، كما يؤدي رفعها خارجه إلى زيادته.
(*36) reacton years.
(*37) وهو نوع من أنواع سرطان الدم.
(*38) أي الطاقة المتدفقة من واحدة السطوح.
(*39) الطاقة الأولى موزعة على سطح صغير (كثافة أكبر) والثانية موزعة على سطح كبير (كثافة أقل) فهناك هدر كبير في الحالة الثانية.
(*40) الحقيقة أن الإسلام لا يعارض تنظيم النسل، ولكن الجهل في البلدان الإسلامية وبعض التقاليد المحلية، هما اللذان يعرقلان عملية التنظيم هذه.
(*41) تثاقل gravitation، ثقالة gravity.
(*42) dogmatic اتباعي.
(*43) روائية وكاتبة إنجليزية انتحرت غرقا وكانت دائمة الخوف من أن تصاب بانهيار عقلي.

# 2 علماء كبار

## مكتشفو البنسلين (*1)

قلة هم الذين يعرفون أنه كان هناك إلى جانب السباق على إنتاج القنبلة الذرية، التي قتلت بعدئذ مئة ألف إنسان تقريبا، سباق آخر سعى فيه العلماء في إنجلترا إلى إنتاج عقار لإنقاذ حياة الملايين. وكتابنا «الرجل والأسطورة» يحكي قصة إسكوتلندي غريب الأطوار، وقصة اكتشافه العَرَضي الذي أطلق العنان لهذا السباق. كان اسمه ألكسندر فلمنج، وكان يعمل جراثيميا (بكتريولوجيا) في أحد مستشفيات لندن، وقد وجد في عام 1929 أن أحد الأطباق التي زرعت فيها جراثيم المكورات العنقودية (الستافيلوكوكسي) أصبح ملوثا بالعفن. وبدلا من أن يتخلص منه، كما يفعل الآخرون، لاحظ فيه شيئا غير عادي. فقد نبتت في كل مكان مزارع من المكورات إلا بجانب العفن، حيث رأى رقعة نظيفة. عندئذ زرع العفن، فاكتشف أن المرق المصفى منه كان يوقف نمو عدة أنواع من الجراثيم المميتة. ولكن اكتشافه هذا لم يحدث عند نشره سوى هزة ضعيفة في الوسط العلمي، كما لم يفعل بعدئذ هو نفسه بشأنه سوى القليل.

وبعد تسع سنوات رجع إرنست تشين (وهو

بيوكيميائي ألماني كان في جامعة أكسفورد) إلى بحث فلمنج وقرر مع أستاذه عالم الأمراض الأسترالي هوارد فلوري اكتشاف طبيعة المادة الفعالة في مرق فلمنج والطريقة التي توقف بها نمو الجراثيم. وبعد مجهود مضن استحصل تشين وعدد من زملائه على كمية ضئيلة مما اعتقدوا أنه المادة النقية الفعالة الناتجة من غالونات المرق، وأعطوها لفلوري لكي يختبرها. وفي مايو 1940، وفي حين كان الجيش البريطاني المهزوم يجلو عن فرنسا، أعلن فلوري وفريقه عن نصر رائع. فقد حقن فلوري عددا من جراثيم المكورات العقدية (الستربتو كوكسي) المميتة في ثمانية فئران. وحقن بعدئذ خلاصة العفن في أربعة منها وترك الأربعة الباقية من دون معالجة. فظلت الفئران المعالجة معافاة وماتت غير المعالجة في اليوم التالي. وكانت تلك أولى الخطوات في الحصول على بنسلين نقي والتحقق من قواه العلاجية التي لا نظير لها. وكانت النتيجة أن أصبح فلمنج بطلا عالميا، في حين أن أسماء فلوري وتشين وزملائهما ظلت مجهولة خارج الوسط العلمي.

ولقد كتب ماكفرلين قصة علمية مثيرة روى فيها مجموعة الأحداث التي لا تكاد تصدق، والتي قادت فلمنج إلى اكتشافه. وبيّن بعدئذ لماذا لم يتعرف أحد ولا حتى فلمنج نفسه أهمية اكتشافه. ومع أنه ترك الاكتشاف للآخرين، فقد حصد الشهرة كلها تقريبا. وكتاب ماكفرلين (الذي نحن بصدده) هو الجزء الآخر من مؤلف سابق له، مثير أيضا مثله، عرض فيه السيرة الذاتية الرائعة لهوارد فلوري[1].

كان ألكسندر فلمنج الابن السابع من ثمانية أطفال لعائلة سعيدة تجمعها أواصر القرابة وتعيش في مزرعة تعلو 800 قدم فوق سطح تلة اسكوتلندية جرداء تذروها الرياح. ويصف ماكفرلين موطن طفولة فلمنج بكل ما في التفصيل الحي من غنى المحبة والحنان، حتى لكأنه يعكس طفولته هو. ولما كان الابن البكر لعائلة فلمنج هو الوارث للمزرعة، لذلك لم يكن أمام الإخوة الأصغر سوى البحث عن ثروتهم في لندن، لأن «الإسكوتلنديين في وطنهم عليهم أن ينافسوا إسكوتلنديين آخرين طموحين وأحسن تعلما، في حين أن معظم منافسيهم في إنجلترا هم مجرد إنجليز». وعندما بلغ فلمنج الثلاثين من عمره لحق بأخيه غير الشقيق (توم) الذي كان يعيش في لندن حيث يعمل طبيب عيون له شهرته، وهناك التحق بمدرسة تجارية، وحصل بعدئذ

على وظيفة كاتب في الخطوط الأمريكية. ولقد حرّض اندلاع حرب البوير[2*] إخوة فلمنج على التطوع في فرقة لندن الإسكوتلندية من دون أن يُرسلوا أبدا إلى جنوب أفريقيا، ولكن فلمنج صار ماهرا في الرمي بالبندقية، وفي إحدى المرات لعب في مباراة بولو الماء ضد فريق كلية الطب بمستشفى سانت ماري.

وقد قال أحد أصدقاء فلمنج وزملائه في تأبينه:

«إذا نظرنا إلى مسيرته المهنية، وجدنا أن عددا من الحوادث العرضية التي لا صلة لها بهذه المسيرة في الظاهر، قد حيكت في شبكة حياته بحيث كان ممكنا من دون أي منها ألا تواتيه فرصة الوصول إلى الأوج. فاختياره لمهنته، واصطفاؤه لمدرسة طبية، ثم انصرافه إلى علم الجراثيم (البكتريا) ولقاؤه ألمروث رايت، وطبيعة العمل الذي قاما به معا، والمصادفة المواتية في الرمي، والمصادفة المواتية أيضا في العفن، كل هذه الأحداث، لا يمكن حتما أن تكون مجرد مصادفة، إنما يمكننا إلى حد ما أن نرى فيها إصبع الإله تشير إلى الاتجاه الذي يجب أن تتخذه مسيرته المهنية في كل تحول لها».

لقد كانت مباراة بولو الماء أول هذه الأحداث العرضية العديمة الصلة ظاهريا، لأن توقع الحصول على إرث قدره 250 جنيها إسترلينيا، بعد ذلك بقليل، جعل فلمنج يقرر ترك عمله الممل ليسير على خطى أخيه الأكبر في الطب. ولكن أيا من مستشفيات لندن الاثني عشر التعليمية عليه أن يدخل؟ لاشك أنه بعد المباراة سيكون مستشفى سانت ماري.

يبدو أن الإخوة فلمنج جميعهم كانوا ذوي قدرات عالية. ففي عقل فلمنج الاصطفائي النفاذ، كانت كل الوقائع مرتبة ترتيبا منطقيا يسهل تذكرها. فقد حفظ من دون جهد كمّا هائلا من التفاصيل الطبية والمصطلحات اليونانية واللاتينية المطلوبة للامتحانات الطبية، وحصد كل الجوائز. وفي نهاية دراسته كان باستطاعته أن يعمل طبيبا مقيما في أي مستشفى من مستشفيات لندن، ولكن شاءت المصادفات أن يكون أحد نجوم نادي مستشفى سانت ماري للرماية. فكان تركه للنادي يعني إضاعة فرص الفريق في ربح مباراة مجزية لنيل الكأس. ولذلك وُظّف للعمل مساعدا مبتدئا في قسم التلقيح في مستشفى سانت ماري. وقد دخل هذا القسم لا

لشيء إلا ليكسب عيشه. ولكنه بقي هناك للأعوام التسعة والأربعين التالية.

كان يهيمن على ذلك القسم السير ألمروث رايت الذي تربى (بصفته ابنا لخوري من يوركشاير)، «في جو جعله، بما فيه من ثروات فكرية وفقر مادي، أنسب ما يكون للنمو العقلي». وعندما كان طبيبا شابا، ألهب حماسه لقاح باستور المضاد للكَلَب، وقرر عندئذ أن يوسع عمل باستور إلى أمراض أخرى. وكادت تجربته على نفسه للقاحه الأول المضاد للحمى المالطية أن تقضي عليه، ولكن لقاحه الثاني المضاد للحمى التيفية الذي جربه ببطولة مرة ثانية على نفسه كان ناجحا. وعلى الرغم من نجاحه المباشر لم يشأ الفريق الطبي للجيش أن يبيح لرايت تلقيح أكثر من عدد قليل من الجنود إلى حرب البوير «لأن الأفكار الجديدة كلها تأخذ دائما منحى يثير الرفض تلقائيا من قبل التيار المهني المحافظ والراسخ». فكانت النتيجة أن قتل التيفوئيد جنودا أكثر مما قتل العدو. وكان رايت مقتنعا بأن اللقاح لا يمكنه الوقاية فحسب من أمراض جرثومية عديدة لم يكن لها علاج فعال، وإنما يمكنه أيضا شفاؤها. وقد ظل حتى آخر حياته يعمل جاهدا ولكن بطريقة غير مناسبة، على إثبات هذه الفكرة. وكان رايت هو الذي كوّن قسم التلقيح في مستشفى سانت ماري ووفر بذلك المكان الملائم لعمل فلمنج. وكان القسم يشغل غُرفا صغيرة مكتظة، ولكنه كان مكانا سعيدا، لأن «تحمل المشاق المشتركة في سبيل غرض عام، فيه ما يعزز العلاقات الشخصية المريحة بدلا من الخلاف».

كان السبب في تخصص فلمنج بعلم الجراثيم هو الحرب العالمية الأولى، فحينها عين رايت ومساعدوه في مستشفى عسكري مثير للقرف في بولونيا[3*]. ومنذ أيام اللورد ليستر[4*] سارت المؤسسة البريطانية الطبية على الاعتقاد بفعالية المطهرات (مانعات العفونة) في معالجة الجروح، ولكن رايت وفريقه وجدوا أن المطهرات تجعل جروح الجنود أكثر تقيحا، و«قرروا أن يكتشفوا السبب في أن الكيماويات التي تقتل الجراثيم في أنبوب الاختبار في دقائق قليلة، تفشل في فعل ذلك في الجراح». لقد قاد هذا السؤال فلمنج إلى أول قسم مهم من بحثه. فقد قام أول الأمر بتحديد نوعية البكتريا (الجراثيم) المسؤولة عن خمج الجروح، وبرهن برهانا أنيقا على أن المطهرات في الجرح المفتوح، كحمض الكربوليك، كانت تقتل كريات

الدم البيضاء التي هي أساس دفاع الجسم عن نفسه، وتترك البكتريا، التي أخفت نفسها في الأنسجة، لتعيش. فأثار رايت استنادا إلى قوة اكتشاف فلمنج حملة لإجراء تغيير في معالجة الجروح، ولكن المؤسسة الطبية المحافظة خذلته مرة ثانية. وقد شُدهت عندما قرأت أن الأطباء استمروا في حقن مرضى السبتيسيميا Septicemia (أي تجرثم الدم) بالمطهرات، حتى إنهم كانوا يغطون أنوف المسلولين السيئي الطالع وأفواههم بأقنعة منقوعة في الكريوزوت (زيت القطران)، وذلك لاعتقادهم الخاطئ بأن هذا المركب الكريه سيقتل الجراثيم في رئاتهم. فكان هذا مثالا مروعا آخر على تصميم الأطباء على إلحاق العذاب في مرضاهم من أجل معالجات تحفل بها النشرات الطبية وهي وضوحا عديمة الفائدة.

إن قدر الجرحى المرعب في بولونيا ولّد في ذهن فلمنج الحاجة إلى مطهر ينفذ في الجرح ويترك في الوقت نفسه كريات الدم البيضاء حية فعالة. ولكن أولى معالجات الجرحى بالبنسلين كانت لشديد الأسف توحي بأنها تحقق الشرط الثاني فحسب، ولولا ذلك لأمكن للبنسلين أن يصبح متاحا في وقت أسبق يصل إلى اثني عشر عاما.

وعندما انتهت الحرب، واصل فلمنج عمله في ميدان الجراثيم في مستشفى سانت ماري. وبعد ثلاث سنوات توصّل إلى أولى ملاحظتيه اللتين قدر لهما أن تغيرا تاريخ الطب. ولكن دفتر ملاحظات فلمنج، المحفوظ حاليا في المتحف البريطاني، يعجز عن وصف كيفية حدوث ذلك، لذلك يستشهد ماكفرلين برواية شاهد عيان:

«كان فلمنج يعنّفني منذ الصباح الباكر على فرط ترتيبي في المختبر، فقد كنت أنظف منصتي في نهاية كل يوم عمل، وأعيد ترتيبها لليوم التالي، فأرمي الأنابيب وأطباق المستنبتات التي لم يعد فيها فائدة لي. أما هو، فكان يترك مستنبتاته.. لأسبوعين أو ثلاثة إلى أن تتخم بأربعين أو خمسين مستنبتة، وبعدئذ، حين يريد التخلص منها، كان قبل كل شيء ينظر إليها واحدة فواحدة ليرى إن كان قد نما فيها شيء يلفت النظر أو غير مألوف. وكنت أستقبل مضايقته بالروح التي توجه بها إليّ. على أن النتيجة أتت لتثبت كم كان على حق، لأنه لو كان مرتبا مثلما كنت أبدو له، لما حقق أبدا اكتشافيه العظيمين ـ الليزوزيم والبنسلين». «ولدى قيامه في إحدى الأمسيات

بالتخلص من مستنبتاته، تفحص إحداها لبعض الوقت، ثم أطلعني عليها وقال: هذا مثير للاهتمام. كان الطبق (المقصود) هو أحد تلك الأطباق التي زرع فيها مخاطا من أنفه منذ ما يقرب من أسبوعين، أي حين كان يعاني الرشح. كان الطبق مغطى بمستعمرات صفراء ذهبية من الجراثيم. وكان من الواضح أنها تلوثات غير مؤذية أتت من هواء المختبر أو من غباره، أو نفختها عبر النافذة ريح أتت من شارع قريب. كانت السمة البارزة في هذا الطبق أنه لم يكن هناك جراثيم بالقرب من بقعة المخاط الأنفي، بينما كانت هناك في مكان بعيد عنها منطقة أخرى نمت فيها الجراثيم، ولكنها أصبحت نصف شفافة وزجاجية وعديمة الحياة في الظاهر. وفيما عدا هذه أيضا كان النمو بأجلى قوته ويتألف من مستعمرات عاتمة نموذجية. فكان من الواضح أن المخاط الأنفي قد نشر شيئا منع به الجراثيم من النمو بقربه، وأنه بعد هذه المنطقة، قتل الجراثيم، التي سبق أن نمت، وحلها».

وجد فلمنج أن اللعاب والدمع وبياض البيض أيضا تحل الجراثيم، وأن هذه السوائل لا تؤذي خلايا الدم البيضاء. مما جعله يتعجب من أن الحيوانات نفسها تصنع المطهر المثالي الذي كان الجميع يبحثون عنه. وقد ثبت أن هذا حلم مزيف، لأن فلمنج تحقق بعد قليل من أن مخاط الأنف والدمع يدعان الجراثيم المسببة للمرض سليمة. فقد ثبت أن الجراثيم التي انحلت هي من نوع وحيد، وأنها كانت قد تسربت إلى الغرفة من حيث لا يدري أحد. وقد سماها رايت الذي كان عالما تقليديا، جرثومة ليزوديكتيكوس Bacterium Lysodeicticus وسمى المادة المؤثرة المجهولة في أنف فلمنج ليزوزيم Lysozyme، وقد ظل فلمنج يدرس هذه المادة لسنوات عديدة، حتى بعد اكتشافه للبنسلين، وذلك بأمل أن يتاح لها أن تسفر عن قيمة علاجية. ولكن نظرا لجهله بالبيوكيمياء (الكيمياء الحيوية) لم يكتشف قط ماهيتها ولا كيفية عملها. ثم ثبت أن هذا الإهمال (للجانب البيوكيميائي) كان حاسما بالنسبة للتطورات التالية.

وإذا كان اكتشاف الليزوزيم أصبح ممكنا نتيجة لوضع جرثومة نادرة غير معروفة حتى ذلك الحين على منصة فلمنج، فقد نجم اكتشاف البنسلين عن مزيج من الظروف غير المحتملة والبعيدة عن التصديق. ولا يعطينا فلمنج نفسه عنها في وصفه الموجز في المجلة البريطانية لعلم الأمراض

التجريبي لعام 1929 أي تلميح:

«بينما كنت أعمل على (مغايرات) variants من المكورات العنقودية، كان هناك عدد من أطباق المستنبتات موضوعة جانبا على منصة المختبر، وكان يتم فحصها بين حين وآخر. وعند الفحوص، لابد أن تلك الأطباق تعرضت للهواء وأصبحت ملوثة بمتعضيات مجهرية (مكروية) متنوعة. فلوحظ أن مستعمرات المكورات العنقودية حول إحدى مستعمرات العفن الملوث الكبيرة، أصبحت شفافة. وكان من الواضح أنها سائرة نحو الانحلال (التحطم)».

ولكي يكاثر علماء البكتريا، المتعضي المجهري الذي يريدونه، يطبخون مرقا مغذيا، ويصبونه في صحن دائري قطره 4 إنشات، ويتركونه ليجمد ويصبح هلاميا. ثم يثقبون الهلام لمرات عديدة بسلك من البلاتين سبق أن غمس في مستنبتة سابقة للمتعضية نفسها. وأخيرا يسخنون الصحن لمدة يوم أو نحوه في فرن تظل حرارته هي حرارة الجسم. وبعد عدة سنوات من الحادث حاول رونالد هير، الذي كان مساعدا في قسم التلقيح في ذلك الوقت، أن يعيد اكتشاف البنسلين بتحضير مستنبتة زرع فيها المكورات العنقودية بهذه الطريقة تماما، ولوث بعدئذ المستنبتة بعفن فلمنج[2]، فلم يحدث العفن أي تأثير! إذ كان على هير، لكي ينتج الرقعة الشفافة التي وجدها فلمنج، أن يزرع العفن في الصحن قبل أن يزرع فيه المكورات العنقودية، ولكنه واجه هنا مشكلة أخرى: وهي أن العفن لا ينمو في حرارة الجسم! فما الذي يمكن أن يكون قد حدث؟

في عام 1928 طُلب إلى فلمنج أن يكتب في كتاب مرجعي فصلا عن المكورات العنقودية، فحاول لتحقيق هذا الغرض أن يكاثر بعض سلالاتها الشاذة التي ذكرتها كتابات الطب. وساعده على ذلك أحد تلاميذه، ويدعى د.م. برايس. وكان فلمنج بطبيعة الحال، وجريا على عادته، يقوم بتحضير مستنبتات جرثومية عديدة ويتركها مبعثرة على منصته. وقد أخبر برايس زميله هير أن فلمنج كان قد جمّع كل هذه المستنبتات، قبل رحيله في إجازة، في إحدى الزوايا لكي يفسح لبرايس مجالا يعمل فيه. ثم ذهب برايس نفسه بعد ذلك في إجازة مع هير. وعاد فلمنج قبلهما. وعندما عاد برايس كان فلمنج قد كوّم مستنبتاته في خوان للتطهير. فالتقط فلمنج بعض هذه المستنبتات وأراها لبرايس. ويذكر هذا أنه رفع أحد الأطباق، ونظر إليه، ثم

قال بعد برهة «هذا مضحك». فكان هذا هو الطبق الشهير الآن الذي أشير إليه في الفقرة الافتتاحية من هذه الدراسة.

ولكي يفسر هير ما حدث، بحث عن درجات الحرارة المسجلة خلال صيف 1928، وافترض أن كل ما فعله فلمنج هو أنه ترك المستنبتات على منصته بدلا من أن يودعها قبل رحيله في الحاضنة. وقد أظهر التسجيل أن درجات الحرارة كانت في الشهر الثامن بين 60 و70(*5) درجة فهرنهيت، وهي درجة مناسبة لنمو العفن وحده، وبعد ذلك ارتفعت درجات الحرارة إلى ما بين 70 و80 درجة فهرنهيت التي هي ملائمة لنمو المكورات. ولكن من أين أتى العفن؟ لقد تبين أنه متعضية نادرة، فمن غير المرجح أن تكون قد دخلت عبر النافذة التي كان فلمنج نادرا ما يفتحها على كل حال.

وقبل ذلك بعدة سنوات كان أحد الهولنديين المتخصصين بالحساسية قد ألقى محاضرات في لندن عرض فيها النظرية المقبولة حاليا بأن بعض المرضى يعانون الربو asthma لأنهم يتحسسون من العفن. فكانت النتيجة أن كلف رايت أحد المختصين الإيرلنديين بالفطور هو ج.سي. لاتوتش أن يعزل بعض أنواع العفن من المنازل التي يسكنها مرضى بالربو، بحيث يمكن تحديد هوية العفن والخلاصات المستخرجة منها للتخفيف من معاناة المرضى. ولما كانت العفونات تنتج آلاف الأبواغ spores التي تنتقل بالهواء، لذا كان علماء الفطور يستنبتونها عادة تحت أغطية مزودة بمرشحات لتجميع الأبواغ. ولكن رايت كان مواليا للتقليد البريطاني المتقشف في البحث، فجعل لاتوتش ينمي عفنه في مختبر آخر مفتوح لا توجد فيه سوى طاولات. وبمحض المصادفة كان هذا المختبر تحت مختبر فلمنج مباشرة. والحقيقة إن لاتوتش هو الذي عرف أن عفن فلمنج ينتمي إلى طائفة البنسيليوم Penicillum؛ ولكنه لم يكن واثقا من أنه أتى من مجموعته. أما هير وماكفرلين فكان رأيهما أن هذا المصدر هو الأكثر رجحانا. وخلص هير إلى أن:

«تلك إذن هي ما أرى أنها كانت صورة الأوضاع التي أدت إلى اكتشاف البنسلين. إنها حقا ملاحظة عرضية، ولكنها تتوقف في واقع الحال على سلسلة كاملة من الحوادث غير المترابطة في الظاهر، وهي: وقوع الخيار على فلمنج لأن يكتب فصلا في كتاب، والبحث الذي نشر في إحدى المجلات العلمية مما حثّه على إجراء المزيد من التحريات، ومحاضرات الطبيب

الهولندي التي أدت إلى تعيين عالِم بالفطور وأن يعمل هذا العالم في مختبر يقع مباشرة تحت مختبر فلمنج، الذي كان صاحب الحظ السعيد في فصل سلالة قادرة على إنتاج البنسلين، وألا تكون لدى فلمنج الوسائل الملائمة بحيث أصبح الجو مفعما بالأبواغ، وأن يكون قد نسي، كما يرجح، وضع طبق مستنبته في الحاضنة أو أهمل عمدا عمل ذلك، وكون مختبره الخاص حساسا حساسية مميزة بالنسبة للحرارة الخارجية؛ وحدوث موجة برد في وقت من العام غير ملائم عادة للاكتشاف، والزيارة التي قام بها برايس لفلمنج والتي جعلت فلمنج يعيد النظر في طبق سبق أن تفحصه ورماه؛ وإفلات هذا الطبق من التحطيم لأن طرق التخلص من أطباق المستنبتات المستعملة كانت غير صحيحة على الإطلاق. إن سير هذه الأحداث كلها في مسارها الصحيح، وضع أمام يقظة فلمنج ظاهرة لا يمكن إحداثها الآن أيضا إلا إذا كانت الشروط التي تنفذ فيها التجربة سليمة مئة في المئة. ولو أن حلقة واحدة من سلسلة الأحداث هذه كانت مكسورة، لأضاع فلمنج فرصته المواتية في الاكتشاف.

وإذا كان الاكتشاف العلمي يتوقف جزئيا ـ كما كان يقول بول إيرلخ[6*] عادة ـ على المال Geld، وجزئيا على الصبر Geduld، وجزئيا على المهارة Geschick، وجزئيا على الحظ Gluck، فقد كان آخرها هو المسؤول كليا تقريبا عن اكتشاف البنسلين. بل من المؤكد أن هذا الاكتشاف هو المثال الأمثل في تاريخ العلم كله، على الدور الذي يمكن أن تؤديه المصادفة في تقدم المعرفة»[3].

والحقيقة أن «هير» لم يشأ أن يذكر أن المصادفة لا يبرز دورها إلا في وسط استنبات فيه شيء من عدم الترتيب، لذلك لم يكن بالإمكان أبدا أن يتحقق الاكتشاف في مختبر إيرلخ الألماني.

كان إعلان فلمنج الأول لزملائه في مستشفى سانت ميري فاشلا مثله مثل المحاضرة التي ألقاها بعد هذا الإعلان أمام جمهور واسع (والتي لم تترك أي أثر كما سنرى). ولنتابع ما ذكره هير مرة أخرى:

«كان (فلمنج) قد أطلق عادة الانغماس في فترة تسكع صباحية تتضمن زيارة المختبر الكبير الذي كنت أعمل فيه. وكانت طريقته في النميمة مختلفة عما هي عند معظم الناس. فقد كانت تستلزم عادة أن يحتل مكانا مقابل

الموقد، ويداه في جيبيه، وسيجارة تتدلى من بين شفتيه ونظره شارد في الفضاء. ونادرا ما كان يتفوه بشيء، وإذا تفوّه يكون ذلك عادة بأقل عدد من الكلمات، ويمكن أن يتعلق بأي شيء، فمثلا: مات فلان؛ أو ذاك الذي، ما اسمه (لا أذكر)، تحامق مرة ثانية، أو ما حال أسهمك في (شركة) سنيا فيسكوزا؟

أما في هذه المناسبة، فلا النميمة على طريقة فلمنج ولا أمور المال الكبيرة هي التي طغت (على الجلسة)، بل الحديث عن طبق المستنبتة الذي أصبح شهيرا الآن والذي قاد إلى الاكتشاف. وأما الباقون منا، فلأنهم كانوا منهمكين في الأبحاث التي بدت لهم أكثر أهمية بكثير من طبق استنبات ملوث، فقد اكتفوا بإلقاء نظرة سريعة عليه، معتقدين أنه لم يكن أكثر من عجيبة أخرى من عجائب الطبيعة التي كان يبدو أن فلمنج دائم الكشف عنها، ثم نسوا فورا كل شيء عنه».

وجد فلمنج أن مرقه منع نمو المكورات العقدية والمكورات العنقودية التي تخمج الجروح، وكذلك المتعضيات المسؤولة عن السيلان والتهاب السحايا والخناق (الدفتريا)، ولكنه لم يمنع نمو جراثيم التيفوئيد، وشبيه التيفوئيد paratyphoid، والجمرة، والإنفلونزا الناعورية (النزفية) Hemophilus influenzae ـ التي تدعى أيضا عصيات يفيفّر Pfeiffer's bacillus، وهي المتعضية التي كان يُظنّ (خطأ) أنها سببت وباء الإنفلونزا بعد الحرب العالمية الأولى. ولم يكن المرق مؤذيا لكريات الدم البيضاء، وكان بالإمكان حقنه في الفئران والأرانب من دون عواقب، بل إن بالإمكان أكل العفن نفسه دون أن يخلف آثارا مرضية.

وليس ثمة تعليل لماذا فشل فلمنج ـ بعد أن أجرى هذه التجارب ـ في اتخاذ الخطوة التالية الواضحة، وهي الخطوة التي أمكن لفلوري Flory أن يقوم بها بعد اثني عشر عاما، وأعني بها اكتشاف إن كان حقن مرقه في الفئران، يحميها من الخمج المميت (وقد قدر ماكفرلين أن تركيز البنسلين في مرق فلمنج كان كافيا لنجاح تجربته). ولكن فلمنج استعمل مرقه عوضا عن ذلك استعمالا خارجيا على عدد قليل من المرضى، فكانت نتائجه مشوشة مما أصابه بالإحباط. إضافة إلى أن نتائج طبيبين شابين، حاولا الحصول على المادة الفعالة من المرق، كانت أكثر تثبيطا للهمة؛ إذ وجدا أن هذه المادة

تفقد فعاليتها بسرعة فيما لو حفظت في الماء أو الكحول، بل وبسرعة أكثر في الدم (وقد ثبت فيما بعد أن هذا الاكتشاف غير صحيح)، وكانت تطرح مع البول عند حقنها في الحيوانات بعد أقل من ساعتين، في حين أن تأثيرها المضاد للجراثيم يحتاج إلى أربع ساعات للقيام بمفعوله. فكان الأمر بالنسبة لفريق فلوري أشبه بملء مغطس حمام بالوعته منزوعة. وقد تكونت لدى فلمنج الفكرة المخيبة للأمل بأن البنسلين لن يكون له بعد ذلك قيمة استطبابية أكثر من الليزوزيم، ولكنه وجد له استعمالا آخر، وكان هذا هو الوحيد الذي ذكره في أولى محاضراته عن البنسلين التي كانت تحمل عنوانا لا تكاد تصدق قتامة معانيه وغموضها وهو «وسيط لعزل عصيات بفيفر».

وقد ظل قسم التلقيح قائما، لا بفضل الإعانات التي كانت تدعم في تلك الأيام مستشفى سانت ماري، وإنما بفضل بيع اللقاحات، مثل معهد باستور في باريس. فقد فتح الطريق لصناعتها أول الأمر رايت الذي كان قد نقل هذه المسؤولية آنذاك إلى فلمنج. وكان من الصعب، عند تحضير اللقاحات المضادة لعصيات بفيفر، إبقاء المستنبتات نظيفة من المكورات العنقودية الموجودة في كل مكان. فوجد فلمنج أن إضافة البنسلين تقوم بهذه المهمة. وقد شكل هذا التقدم التقني الصغير موضوع محاضرة فلمنج أمام نادي البحث الطبي في لندن، الذي كان يرعى شؤونه السير هنري ديل، وهو فيزيولوجي رائد ومدير متمرس للمعهد الوطني للبحث الطبي. وكان هذا المعهد قد أُسس لغرض خاص هو تطوير المعالجة الكيماوية: على أن حديث فلمنج لم يلق أي صدى ولم يثر أي تعليق أو نقاش. وقد عبّر هير عن سبب ذلك بقوله: «إن فلمنج كان من أسوأ المحاضرين الذين سمعتهم في حياتي، فهو غير قادر على التعبير عما في ذهنه بوضوح.. إن المحاضر من هؤلاء يمكن أن يقدم الحقائق للمستمعين برتابة فاترة خالية من كل طرافة أو حماسة». ويذكر ماكفرلين أن فلمنج كان غالبا غير مسموع، و«الأسوأ من ذلك، أنه كان يعطي انطباعا بأنه هو نفسه قليل الحماسة لموضوعه»[4].

على أن استخدام فلمنج للبنسلين كانت له نتيجة حيوية: فقد أمر بإنتاج المرق في قسم التلقيح أسبوعيا، وأعطى بعض مستنبتات بنسلينه لعدد من

زملائه في مختبرات أخرى، ومنهم جورج درير، أستاذ علم الأمراض في أكسفورد الذي حافظت مساعدته (كامبل ـ رنتون) على استمرار المستنبتات طوال السنوات العشر التالية. أما فلمنج نفسه فلم يأت بعد ذلك على ذكر البنسلين في أي من ورقات أبحاثه السبع والعشرين أو في محاضراته التي نشرها بين عامي 1930 و1940، وحتى حين كان موضوعه عن مبيدات الجراثيم (البكتريا). وهكذا كان من الممكن أن يُنسى البنسلين لولا اكتشاف فلمنج المبكر لـ «الليزوزيم».

كان هوارد فلوري أستراليا هاجر إلى إنجلترا عام 1922. وعند وفاة درير، عُيّن فلوري أستاذا لعلم الأمراض في أكسفورد. وقد كتب ماكفرلين الذي كان يعرف الاثنين: فلمنج وفلوري، أنه ما كان من الممكن أن يوجد تفاوت أكبر مما هو بين الرجلين. فكلاهما كان مقتدرا إلى أبعد الحدود، ولكن فلمنج كان هادئا موجزا في الكلام وقليل الطموح وشعبيا، في حين كان فلوري «متوترا شبيها بنابض ملتف» وكان يعمل «كالدينامو» ويكوّن لنفسه أعداء، وكان يشكو من سوء هضم مزمن جعله يهتم بتركيب المخاط الذي تفرزه القناة الهضمية والأنسجة الأخرى. وبعد وصوله إلى أكسفورد استخدم شابا ألمانيا لاجئا يعمل في البيوكيمياء يدعى إرنست تشين. ولما كان الليزوزيم موجودا في المخاط، فقد اقترح فلوري على تشين أن يجد الآلية البيوكيماوية لهجوم الليزوزيم على الجراثيم. وسرعان ما حل تشين هذه المسألة وتساءل بعدئذ: ألا يمكن لليزوزيم أن يكون مجرد ممثل لصنف واسع من المواد التي تظهر في الطبيعة والمبيدة للجراثيم (للبكتريا). فجمع مراجع يقرب عددها من مئتي مقالة، يرجع بعضها إلى عهد باستور «الذي كان أول من أشار إلى إمكانيات العلاج العظيمة بالمضادات الجرثومية (البكترية)»[7*].

وبعد ذلك بعدة سنوات كتب تشين: «عندما رأيت مقالة فلمنج لأول مرة، اعتقدت أنه كان قد اكتشف نوعا من عفن الليزوزيم»[5]. ولكن لا يمكن أن يكون قد قرأ هذا المقال قراءة متأنية، لأنها تؤكد أن البنسلين ينحل في الكحول، في حين أن الليزوزيم هو بروتين، وكل البروتينات غير قابلة للانحلال في الكحول. ولربما كانت هذه الخطيئة ضربة حظ أخرى لولاها لظل البنسلين في عتمة النسيان. لأن تشين اقترح عندئذ ـ ووافق فلوري

على ذلك - جعل البنسلين جزءا من دراسة شاملة للمواد الطبيعية المضادة للجراثيم[6]. ولم يكن فلوري هو ذلك الشخص الذي يحتاج إلى تحفيز من قبل تشين، فقد كان عضوا في هيئة تحرير مجلة علم الأمراض التجريبي البريطانية عندما ظهر بحث فلمنج فيها. ولابد أنه لاحظ أهميتها. والأكثر من ذلك أنه كان أتى إلى أكسفورد من شفيلد، حيث كان أحد علماء الأمراض يزرع مستنبتات عفن فلمنج في القسم الخاص بفلوري، وقد استعمل المرق لشفاء عيون وليدين كانت مخموجة بجرثومة السيلان gonococcus، مثلما استعمله ليشفي عين مدير منجم فحم خمجت بجرثومة ذات الرئة pneumococcus. وتبعا لماكفرلين، لم يحصل عالم الأمراض هذا على تشجيع من قبل فلوري، فتخلى عن بحثه حين لم يعد العفن ينتج البنسلين.

يعود الفضل إذا بمباشرة العمل الذي أدى إلى عزل البنسلين وإلى تجاربه السريرية إلى تشين وفلوري، حتى وإن اعترف تشين بعد ذلك بأنهما قاما بعملهما هذا لدوافع علمية بحتة أكثر منها دوافع طبية. ولم يكن الحصول على العفن يحتاج من تشين إلى أكثر من السير في الممر حتى الآنسة كامبل رنتون. أما الجهود الجبارة التي كانت ضرورية لإنتاج ولو بضعة أجزاء من ألف من الغرام من البنسلين، من مرق العفن، فقد ورد لها وصف حي في كتاب ماكفرلين (موضوع حديثنا) وفي ترجمته السابقة أيضا لسيرة حياة فلوري. ولم يتم التغلب على مسألة عدم استقرار البنسلين في محلول، التي أعيت مساعدي فلمنج وكثيرين غيرهم أتوا بعدهم، إلا مجددا بعد ابتكار تقنية التجفيف بعد التجميد. وبعدما اكتشف فلوري أن البنسلين يمكن أن يشفي الفئران المخموجة حتى الموت، صمم على اكتشاف ما يمكن أن يفعله البنسلين للإنسان. ولكنه احتاج للقيام بذلك إلى جرعة أكبر بثلاثة آلاف مرة تطلبت تحضير 2000 لتر من ترشيح العفن. وهكذا عمل هو وفريقه ليلا ونهارا ليحولوا مختبر الجامعة إلى مصنع. وعندما أوقف شح المواد في الحرب تزويد المختبر بأطباق واسعة ضحلة لزراعة العفن، تدبر فلوري أمره بمئات «النونيات»[*8] السريرية. ولكي يزيد أيضا منحته من مستشارية البحث الطبي البريطانية، طلب الدعم من مؤسسة روكفلر في نيويورك.

وعندما أخفق نشرُ نتائج تجاربه السريرية الباهرة في مجلة The Lancet

(المبضع) في إقناع السلطات البريطانية والشركات الصيدلانية بتوفير ما يلزم من موارد وجهود لإنتاج البنسلين، ذهب إلى الولايات المتحدة، حيث وجد مبتغاه: الحماسة والمال والمهارة والدراية. وهكذا أدارت رسالة فلوري آلة ضخمة بدأت حالا بإنتاج البنسلين على صعيد تجاوز «المعمل» الخاص بفلوري بآلاف المرات وبحالة أكثر نقاوة بكثير. وبما أن الـ 0,005 من الغرام من مركز مرق تشين التي حقنها فلوري في كل واحد من فئرانه الأربعة، لم تحو، كما تبين فيما بعد، أكثر من جزء من البنسلين من أصل 300 جزء من الشوائب، فقد أجرى فلوري اختباره باستعمال 1/1500000 غرام فقط من البنسلين لكل فأر. وبحلول عام 1945 ارتفع إنتاج أمريكا من البنسلين المتبلور النقي إلى 100 كيلوغرام في الشهر، وهذه الكمية كافية لمعالجة جميع إصابات الحلفاء في الحرب بالمطهر المثالي الذي كان يحلم به فلمنج في عام 1919.

فكيف إذاً كان رد فعل فلمنج تجاه نجاح فريق أوكسفورد؟ لقد دفعته قراءته لبحثهم في مجلة The Lancet إلى زيارتهم أمام دهشة بعضهم كما يقال، لأنهم لم يوقنوا أنه كان حينذاك على قيد الحياة. فتفحص معملهم واستوعب كل شيء رآه أو سمعه؛ ولكنه لم يقل شيئا ذا شأن على الإطلاق، كما لم يسمعوا عنه شيئا بعد ذلك. وقد ظل هكذا إلى أن أدت تجاربهم السريرية الأولى إلى ظهور افتتاحية في المجلة الطبية البريطانية، توحي بأن الإمكانيات العلاجية العظيمة للبنسلين لم يكن معترفا بها سابقا. وهذا ما دفع فلمنج لأن يفند المقال مستشهدا بجملة من ملخص مقالته لعام 1929 تقول «وإني لأقترح أن يكون (البنسلين) مطهرا فعالا في الاستعمال الخارجي أو عند الحقن في المناطق المخموجة بالجراثيم المتحسسة للبنسلين». وهذا حق!

وسرعان ما عصفت الشهرة بعد ذلك عبر باب فملنج وكأنها إحدى جراثيمه. فبعد نشر التجربة السريرية الثانية التي قام بها هوارد فلوري وزوجته إيثل، حملت مجلة التايمز اللندنية افتتاحية حول العمل الذي تحقق في أكسفورد، ولكن من دون ذكر الأسماء. فما كان من السير ألمروث رايت، الذي بلغ آنذاك الحادية والثمانين، إلا أن كتب رسالة إلى التايمز يشير فيها إلى أن إكليل الغار يجب أن يوضع على جبين فلمنج، لأنه هو الذي اكتشف البنسلين في القسم الخاص ببرايت. فسارع المراسلون الصحفيون إلى

الإحاطة بمستشفى سانت ماري بحثا عن فلمنج، وظهر بعدها في الصحافة العديد من المقابلات التي أجريت معه. فأعقب ذلك رسالة من السير روبرت روبنسون، أستاذ الكيمياء في جامعة أكسفورد، إلى مجلة التايمز يشير فيها إلى أن فريق فلوري يستحق على الأقل باقة من الزهور. فدفع ذلك فريقا من الصحفيين إلى فوري، ولكن هذا رفض رؤيتهم حتى إنه منع أي عضو من فريقه من التحدث مع الصحافة. ولاشك في أن هذا التصرف يبدو للأمريكيين غير معقول، أما في بريطانيا فكان العلماء الذين يبحثون في ذلك الوقت عن «الدعاية الرخيصة» في الصحافة اليومية، يُنظر إليهم من قبل زملائهم بأنهم يحطون من قدر أنفسهم وقدر مهنتهم السامية. لذلك عاد الصحافيون إلى فلمنج الذي حدثهم عن عمله الخاص المبكر وعن إنجازات فريق أكسفورد أيضا. بيد أنهم أحاطوا فلمنج بهالة من الخيال وتجاهلوا الآخرين، وبالغوا في ذلك لدرجة أنه حين تشارك فلمنج وفلوري وتشين بجائزة نوبل للفيزياء والطب لعام 1945، جاء ذكر فلمنج وحده في العناوين، بينما ورد ذكر فلوري وتشين بالخط الصغير.

وقد أمضى فلمنج السنوات العشر الباقية من حياته في جمع خمس وعشرين درجة شرف وست وعشرين ميدالية وثماني عشرة جائزة، وثلاثة عشر وساما ومواطنية خمس عشرة مدينة وعضوية شرف في تسع وثمانين أكاديمية وجمعية علمية. وقد قال أحد أصدقائه لماكفرلين إنه جمع من وسائل التكريم بعدد ما يجمع تلميذ المدرسة من الطوابع، وإنه كان يبتهج لأي مكتسب نادر. وقد نادى به المعجبون العاطفيون كأعظم عبقرية علمية في جميع العصور، وأصبح موضوعا لعدد من كتب السير التي تؤله الأبطال، ومنها كتاب أندريه موروا الذي انتقده كل من هير وماكفرلين لتضليله وتزييفه[7].

ويعرض الفصل الأخير من كتاب ماكفرلين تقويمه لفلمنج كرجل علم. ولكن الكتاب يحوي أيضا مادة تكفي لأن يكوّن منها القارئ تقويمه الخاص. وقد كتب بيتر مدوّر «إن البحث العلمي في أي درجة من درجات دأبه، مشروع انفعالي، فتأسيس المعرفة الطبيعية يتوقف قبل كل شيء آخر على النفاذ إلى ما يمكن تخيله، ولكنه مازال غير معروف»[8]. ولقد كتب عالم القرن الثامن عشر الكونت رمفورد عن نفسه «إن الحماسة التي تلهب عقلي

لا يمكن التحكم فيها، لدرجة أن أي شيء يهمني يستغرق انتباهي كله، وأتابعه بدرجة من الحمية التي لا تعرف التعب حتى لتقارب الجنون»[9].
وقد كان فلوري مندفعا بمثل هذا الهوس، أما فلمنج فلا، فقد كان يعمل مثل كاتب في مكتب من التاسعة صباحا حتى الخامسة مساء. وفي هذه الساعة بالتحديد كان يأوي إلى ناديه الذي كان من أنظمته أنه «لا دراجات ولا كلاب ولا نساء يسمح لها بالدخول إلى المبنى وملحقاته»، وكان نادرا ما يعمل لأكثر من ست ساعات في اليوم، ويقضي السبت والأحد في منزله الريفي. ولا يوجد في أي موضع من عمله دلالة واحدة على خيال، كما لا يوجد عند كل من كتب سيرته الذاتية، من ماكفرلين إلى سواه، استشهاد واحد يوحي بالأصالة أو بالفضول المتأجج. ويقول ماكفرلين إن فلمنج كان لديه القليل من الأفكار الأصيلة النابعة من ذاته، ولم يكن يثق بأفكار الآخرين. والميزة الوحيدة التي جعلته يرتفع عن مستوى رتابة المحلل الجراثيمي في المستشفى كانت حدة ملاحظته لأي شيء غير عادي، التي استمدها كما يعتقد ماكفرلين من تطوافه وهو فتى في براري إسكتلندا الواسعة.

لا يمكن أن يقال عن فلمنج مثلما كتب لامبيدوزا Lampedusa عن الفهد The Leopard «كان التملق ينساب منه مثلما ينساب الماء مبتعدا عن منبعه». ولكن لابد أنه كان واعيا لحدود إمكاناته، لأنه ذكر مرارا لأحد أصدقائه أنه لم يكن يستحق فعلا جائزة نوبل؛ وقد كتب صديقه هذا لماكفرلين أنه كان عليه أن يكبت رغبته في الإعراب عن موافقته على ذلك. وكان فلمنج يقول عن نفسه إنه «كان يلعب بالجراثيم (البكتريا) ليس إلا»، وهذا صحيح بكل معنى الكلمة.

على أن الألمعية الفكرية ليست الصفة الوحيدة التي يقام لها اعتبار، ففي عصر يتم فيه تجاهل القيم الإنسانية في أكثر الأحيان، يكون باعثا على الأمل أن نقرأ أن فلمنج نفسه، وكل المشاركين الآخرين في ملحمة البنسلين، سلكوا أشرف مسلك. ففي عام 1942 مثلا، عندما مرض أحد مستخدمي أخي فلمنج بالتهاب السحايا إلى حد الخطر، استغاث هذا بفلوري ليمده بالبنسلين. فجلبه فلوري إلى لندن، ولكنه حذر فلمنج من أنه لم يكن قد اختبر بعد حقنه في السائل النخاعي لدى الحيوانات. فما كان من فلمنج إلا أن تجشم المخاطرة وشفي المريض. ثم نقل ملاحظاته إلى

فلوري ليضمنها في نشرته حول التجارب السريرية، الأمر الذي نفذه فلوري مع الاعتراف بالجميل لفلمنج. وهذا تصرف كريم ما كان ليقوم به علماء آخرون. فأنا أعرف أن تشين كان لاذعا حول شهرة فلمنج وافتقاره هو إليها. وقد أنبأني بعض الطلبة مرة أنهم كانوا في محاضرة لتشين، فسألتهم «عن ماذا كان يتحدث؟» فأجابوا عن «كيف أن فلمنج لم يكتشف البنسلين». والحقيقة أن تجاهل الصحافة لتشين لم يكن خطأ فلمنج.

كان فلمنج أيضا رجلا شجاعا. ففي أثناء الغارات الجوية، وحين أُجلي معظم العاملين في مستشفى سانت ماري عن لندن، ظل فلمنج في مكانه، على الرغم من أن منزله قصف مرتين. كان صموتا لا يضحك أبدا، ونادرا ما يبتسم، ولكن ماكفرلين يقول إنه كان يمتلك خصلة لا يعرف كنهها توحي بالمحبة والاحترام. فقد جعله ولعه بالألعاب عضوا شعبيا في نادي تشيلسي للفنون. كما جعلت منه بساطته وجاذبيته بطلا شعبيا. ولربما كانت الصورة التي أعطاها مدوّر لرجل العلم غير مكتملة: فالنجاح في البحث مسألة مصادفة، والاكتشافات العظيمة لا يحققها دائما مفكرون كبار. فبعضها يحققه حرفيون مهرة، وبعضها يحققه حراس يقظون شديدو الانتباه، حتى إن بعضها يحققه أشخاص عاديون يقومون بعمل منتظم لأنه مأجور. ولربما كان أسمى درس يمكن أن يتعلمه أهل العلم من كتاب ماكفرلين هو أن حلول بعض مسائلنا الكبيرة يمكن أن تظهر أمامنا بكل وضوح، ونحن مع ذلك مكفوفو البصر عن رؤيتها.

عندما اختار ماكفرلين فلوري موضوعا لترجمة حياته، وجد أن عليه أن يرسم صورة رجل ممتلئ بالحيوية، معقد، فصيح اللسان وقوي البنية. في حين لم يكن لدى فلمنج شيء من هذه الصفات. إذ مهما تكن الأفكار التي كان قد كونها فإنها ظلت دون أن يعبر عنها. ومثل هذا الشخص لا يشكل موضوعات مجزية إلا إذا جملها الكاتب وزينها كما كان يفعل كتّاب السيّر الأقدمون. ولقد رسم ماكفرلين صورة نزيهة صادقة، وإن يكن قد احتال للأمر لكي يكتب قصة ممتعة. ثم إن هذه القصة جزء من تاريخ الطب لا يدور حول فمنج نفسه بقدر ما يدور حول التفاعل المرهف والساخر أحيانا بين العلم والمصادفة، والشخصيات التي هي المادة الأساسية التي صنعت منها الاكتشافات.

## مكتشف نواة الذرة:[*9]

كان رذرفورد في مطلع شبابي واحدا من أبطالي الأوائل. وبدلا من أن تفسد ترجمة ولسون لحياة هذا الرجل العظيم المحبوب هذه الصورة المبكرة، فقد أذكتها وعمقتها. فرذرفورد هو الرجل الذي أسس العصر الذري، وهو ابن مزارع من نيوزلندا حملته ألمعيته وطاقته الجبارة إلى رئاسة الجمعية الملكية التي هي من أرفع مراتب النبل والتكريم في العالم قاطبة. ولقد تتبع ولسون دربا طويلة ليترسم المسارات العقلية والفضول المتقد التي قادت رذرفورد إلى اكتشافاته العظيمة. فهو يرسم صورة رجل ضخم الجثة، صاخب النشاط، مذهل في قدرته، منفتح على الناس، مثير للمرح، سريع الغضب، لطيف المعشر، كريم، رحيم، حنون، ويثير فوق ذلك البهجة في كل من حوله عند متابعته لتجاربه الفيزيائية، ويشعر بالأسف لأجل «الشبان المساكين الذين لا يجدون مختبرات يعملون فيها».

وصل رذرفورد إلى كامبردج في سبتمبر1895، أي قبل أشهر قليلة فقط من اكتشاف رونتجن للأشعة السينية واكتشاف بيكيرل للنشاط الإشعاعي واللذين بشرا باقتراب ثورة في الفيزياء. وقد استفاد من الاهتمام البعيد النظر بالعلوم الذي شجع عليه الأمير ألبرت عام 1851، والذي تجلى في إقامة مؤسسة للمنح الدراسية. فوجد في كامبردج رجالا «أقوياء جدا وبخاصة في الحوار؛ ولكن من المؤسف أن العديد منهم متحجرون». وقد أدرك رذرفورد بسرعة أنه يستطيع بالنجاح العلمي وحده أن يجعل نفسه مقبولا اجتماعيا وقادرا على تأمين معيشته. وقد كتب لخطيبته في نيوزلندا أنه «لو استطاع الواحد منا أن يحصل على دعم رجل مثل ج.ج. (أي ج.ج. تومسون الذي كان أستاذ كرسي كافنديش للفيزياء) لكان على ثقة شبه مؤكدة بالحصول على أي مركز». والواقع أنه لم يعرف عن كامبردج سوى القليل! فبعد ثلاث سنوات، أي عندما انتهت منحته، تقدم بطلب للتعيين أستاذا للفيزياء في جامعة ماك جيل في مونريال، آملا أن «يدفع ذلك ج.ج. لأن يسعى إلى الحصول على عمل لي في كامبردج. فقد أحصل على زمالة فيها هذا العام». ولكن لا شيء تحقق من هذه الأحلام. فمعظم اكتشافات رذرفورد العظيمة تحققت في مونريال، ثم في مانشستر. وعاد إلى كامبردج عام 1920 ليكون خلفا لتومسون في كرسي كافنديش، ولكن بعد مفاوضات

طويلة، لأن السلطات الجامعية كانت ترى أن شرف أستاذية كامبردج يستحق تخفيضا كبيرا في الراتب. وفي هذا الصدد يشير رذرفورد إلى أن العائق الرئيسي كان في سيطرة أصحاب التخصصات الأدبية في جامعة كامبردج، وسعيهم لتحجيم ما ينفق على الأغراض العلمية. ولم يتغير هذا الوضع[*10].

رأيت رذرفورد لأول مرة في خريف عام 1937 في ندوة بحثية عقدها صديقه العالم النظري الدنماركي العظيم نيلز بور Niels Bohr. وقد اقترح بور نموذج قطرة السائل لنواة الذرة، إذ بدا أن هذا النموذج يمحو إحدى المشكلات التي كان رذرفورد يحاول حلها منذ وصوله إلى كامبردج. فإذا كانت النواة مجرد قطرة سائل مؤلفة من بروتونات ونترونات، عندها لن يكون لها بنية ثابتة؛ ولكن العديد من تجارب رذرفورد الرامية إلى حل هذه البنية كانت عبثا. وهذا ما سيفرّج عن العلماء الشبان حين يعرفون من هذا الكتاب أنه حتى رذرفورد كان يقوم أحيانا بتجارب «سخيفة تافهة».. كنت في أثناء الندوة متهيبا من عمالقة الفيزياء، فجلست على أحد المقاعد الخلفية، ولكن طالبا آخر مجازا هو فريدريك دينتون (حاليا السير فريدريك)، سمع مصادفة رذرفورد يقول لبور بعد المحاضرة «إذا اختفت الكتلة، فستظهر الطاقة». وهنا، وفي مواضع أخرى متعددة، يحطم ولسون (مؤلف الكتاب) الأسطورة القائلة إن رذرفورد لم يستطع أن يتنبأ بإمكان أن يكون للفيزياء النووية تطبيقات عملية. وقد توفي رذرفورد عام 1937، أي قبل سنة من اكتشاف أحد تلاميذه الألمان انشطار اليورانيوم. ولذلك لم يعش حتى يكون شاهدا على النتائج المرعبة للعصر الذري، فظل حتى النهاية محتفظا بإيمانه الممتلئ بشرا بالقيمة الإنسانية للفيزياء.

وفي حديث له عام 1921 قال: «إن هذا البلد لا يُحكم عليه بحجم صادراته أو أسطوله، وإنما بإسهامه في تقدم المعرفة». وقد فاته أن يرى أن تقلّص الصادرات سيخنق أيضا الاعتمادات اللازمة لتقدم المعرفة. وقد فوجئت لدى معرفتي أنه في عام 1915 كان من المسلم به أن الفرنسيين كانوا يبتكرون، في حين أن الألمان والبريطانيين كانوا يحولون مبتكراتهم للربح: لقد رحل كثيرون ممن عاصروني - وكانوا يعملون في مختبر كافنديش - إلى أمريكا بحثا عمن يهتم بتسخير مبتكراتهم لجني الأرباح. وأنا أتساءل (الآن) ما الذي قتل روح المغامرة البريطانية.

لقد توفي رذرفورد قبل أن تتاح لي فرصة الاستماع إلى محاضراته. ولكن وجدت بعد وفاته نسخا زائدة من مقالاته العلمية منتشرة في سقيفة المختبر، وسمح للطلبة الباحثين أن يأخذوا منها ما يشاؤون. ومازلت أحتفظ بهذه المطبوعات وأرى فيها نماذج للطريقة التي يجب أن يمارس بها العلم. فالنتائج التجريبية معروضة بوضوح واختصار، وبحد أدنى من التعابير المتقعرة والرياضيات. كما أن كل اعتراض يمكن تصوره استبعد عن طريق التجربة لا عن طريق المجادلة، فلم يترك منفذا في استنتاجاته. وهكذا تشرّبتُ من هذه الأوراق ومن الجو المحيط بالمكان بقيم رذرفورد التي يصفها ولسون (مؤلف الكتاب)، بأنها تعبير عن ولاء الباحث لمختبره وانصرافه كليا إلى العمل التجريبي الشاق وكراهيته الشديدة للتخمينات فيما وراء ما بررته النتائج التجريبية. ولكن عندما كان كريك Crick وواتسون Watson يتجولان متسكعين، ويجادلان في مسائل لم يكن قد وجد لها بعد بيانات (معطيات) تجريبية مثبتة، بدلا من أن ينكبا على منصة المختبر لإجراء التجارب، كنت أعتقد أنهما يبددان وقتهما. على أنهما كانا ينجزان، مثل ليوناردو، الكثير حين كان يبدو أنهما يعملان القليل. وقد ساقهما تكاسلهما الظاهري إلى حل أعظم المسائل البيولوجية كلها، وهي بنية الدنا (أي DNA الحمض الريبي النووي المنقوص الأكسجين). ففي الواقع يوجد أكثر من طريق للقيام بعمل علمي جيد.

ترى هل توصل رذرفورد إلى اكتشافاته باتباع الطريقة الافتراضية - الاستنتاجية التي أخذ بها فلاسفة العلم المحدثون؟ أبدا، فكما لم يربح نابليون معاركه باتباع استراتيجية ثابتة، كذلك هو لم يتبع أي منهج ثابت. والمنهج الوحيد المفضل الذي اتبعه وأكد عليه ولسون، هو أنه كان يلاحق أي شذوذ أو نتيجة غير منتظرة، ولكن هذا هو ما يفعله أي عالم ذكي. كانت قوة رذرفورد تكمن في كونه دائم الانتظار لمثل هذه النتائج، وفي كونه يقظا إلى أبعد حد في تحديد مواضعها. وكانت أكثر هذه النتائج غير المتوقعة إبهارا هي التي حصل عليها عام 1909 اثنان من معاوني رذرفورد، هما هانز جايجر وإرنست مارسدن، عندما رأيا انتثار جسيمات ألفا بوساطة رقاقة ذهبية. (وجسيمات ألفا هي نوى الهيليوم المنطلقة من مصدرها الراديومي). كانت أكثر الجسيمات تمر عبر الذهب في اتجاه مستقيم، ولكن واحدا

تقريبا من كل ثمانية آلاف كان يرتد إلى الخلف: أو إذا استعدنا كلمات رذرفورد «كأنك أطلقت قذيفة مدفع عيار (15) إنشا على قطعة من ورق شبه شفاف وارتدت إليك». فأعطت هذه الملاحظة أول مفاتيح البنية الذرية، حيث أثبتت أن الذرة نظام شمسي تتركز معظم كتلته في شمس ضئيلة الحجم وموجبة الشحنة، هي النواة، وهذه النواة محاطة بكواكب عديمة الكتلة تقريبا وسالبة الشحنة وهي الإلكترونات. وليس جسيم ألفا نفسه سوى نواة ذرية ضئيلة تبدو ورقة الذهب بالنسبة إليها كأنها فضاء فارغ، تتوزع فيه نوى الذهب الثقيلة متباعدة لدرجة أن فرصة اصطدام جسيمات ألفا بها بالغة الضآلة، ولكن إذا اصطدم بها أحد جسيمات ألفا الأصغر منها كتلة بكثير، ارتد إلى الخلف بشدة نتيجة لشحنتها الموجبة[*11].

كان جايجر ومارسدن يستهدفان في تجربتهما معرفة شيء ما عن جسيمات ألفا لا عن رقاقة الذهب. كما أن رذرفورد لم يكن لديه إطلاقا، قبل نتيجتهما غير المنتظرة، فرضية عن الذرة ينطلق منها. وقد تمسكت مرة بهذه الحادثة أمام السير كارل بوبر بصفتها حجة ضد المنهج الافتراضي ـ الاستنتاجي، الذي يقول إن العلماء يتقدمون في عملهم بصياغة الفرضيات أولا ثم يصممون التجارب لاختبارها، وليس باتباع المنهج الاستقرائي القائم على استيحاء النظريات من المشاهدات. فرد بوبر بأنه لا جايجر ولا مارسدن كانا قادرين على استنتاج بنية الذرة من مشاهداتهما. لذلك لم تكن هذه البنية متضمنة في المشاهدات، وإنما كانت من بنات أفكار رذرفورد الفيزيائية القوية. وقد عرفت بعد ذلك أن الحقيقة لم تبزغ حتى بالنسبة إلى رذرفورد كالبرق، بل أخذت منه ثمانية عشر شهرا حتى استنبطها، الأمر الذي يثبت أنه احتاج إلى أكثر من مجرد مشاهدات. وبعد عدة سنوات، وفي مناسبة أخرى جرت في كامبردج، حصل اثنان من مساعدي رذرفورد، هما مارك أوليفانت وجون كوكروفت على نتيجة، لا هما ولا رذرفورد نفسه كانا في البداية قادرين على فهمهما. فأبقت رذرفورد ساهرا يفكر فيها حتى الثالثة بعد منتصف الليل، وفجأة عرف الجواب. وفي لحظة انفعاله اتصل بأوليفانت هاتفيا ليوقظه ويخبره بما وجده. ففي هذه الحالة أيضا حل خيال رذرفورد المعضلة: فقد اكتشف نظيرا خفيفا للهيليوم، وهو الهيليوم 3 الذي وُجد له مذ ذاك استعمال مهم عند العمل في درجات حرارة قريبة من الصفر

المطلق.

كان وصف ولسون الأكثر حيوية لطريقة عمل رذرفورد هو ذاك الذي أخذه عن أحد مساعديه القلائل الباقين على قيد الحياة وهو الفيزيائي الروسي بيتر كابيتسا:

«لقد أعجب الكثيرون بحدس رذرفورد الذي كان يهديه إلى الكيفية التي يعد بها تجربته وإلى ما يجب البحث عنه.. فالحدس يُعرّف عادة بأنه عملية غريزية للعقل، إنه شيء لا يمكن تفسيره، يقود بصورة «تحت شعورية» إلى الحل الصحيح. وقد يكون ذلك صحيحا جزئيا، ولكن فيه الكثير من المبالغة. فالقارئ العادي غير مدرك حقا للجهد الهائل الذي يبذله العلماء.. فكل من شاهد رذرفورد عن كثب كان يمكنه أن يشهد مقدار الجهد الهائل الذي كان يبذله. فقد كان يعمل بلا انقطاع، ودائما في البحث عن شيء جديد. ولم يكن يضع تقريرا عن أعماله أو ينشرها إلا إذا كانت نتائجها إيجابية. على أن هذه الأعمال كانت تشكل فقط نسبة ضئيلة من الأعمال الكثيرة التي قام بها. أما ما تبقى من أعمال فقد ظلت غير منشورة وغير معروفة حتى من قبل تلاميذه».

ويذكر ولسون أن إخفاق رذرفورد في بعض الأحيان كان يقوده إلى يأس كئيب.

لقد أخفق نموذج الذرة الذي وضعه رذرفورد عام 1909 في أن يشرح لماذا لا تسقط الإلكترونات على النواة لتجعل شحنتها معتدلة. لكن بور أخذ على عاتقه هذه المسألة، فوفّق بين نموذج ذرة رذرفورد ونظرية بلانك الكمومية quantum وذلك بأن افترض - لأسباب لم تكن آنئذ مفهومة - أن الإلكترونات تبقى في مدارات ثابتة. ثم برهن على صلاحية هذه النظرية بأن حسب وبشكل صحيح، لأول مرة، أطوال موجات خطوط طيف أبسط الذرات، وهي ذرة الهيدروجين. وكان تعاون رذرفورد السعيد مع بور يتعارض تعارضا غريبا مع ازدرائه للنظريين. فقد قال في عام 1907 «حتى أحسن الرياضياتيين يميلون إلى معالجة الفيزياء وكأنها مسألة معادلات لا غير. ويرد ذلك في اعتقادي إلى فقر المداولات النظرية حول المسائل التي تواجه المجربين اليوم». فإذا تذكرنا أن هذا التصريح أتى بعد عامين من نشر آينشتاين لبحثيه اللذين فتحا عهدا جديدا عن المفعول الكهرضوئي والنظرية

النسبية، تبين لنا كم كان تصريحه فورة انفعال ضيقة الرؤية بشكل غريب[*12].
وقد عارض الفيزيائي النظري الفرنسي لوي دوبروي ذلك بالحكم على «نمذجة رذرفورد الحسية والتبسيطية جدا للنواة»، وبالإشارة إلى أن «القوانين الأساسية لسلوك الذرة لا يمكن التعبير عنها إلا بصيغ مجردة». وهذا ما يتفق عليه فيزيائيو اليوم مع دوبروي. ولكن ولسون يبيّن أن رذرفورد ربح الجولة كما جرت العادة، لأنه هو وليس النظريين، أول من تنبأ بوجود النيوترون.

ويبين كتاب ولسون أيضا التضارب الغريب بين ضيق أفق التفكير الغالب عند رذرفورد وتعابيره الريفية من جهة، وتصرفاته البعيدة النظر الكريمة والعالمية من جهة أخرى. فعندما تحقق آرثر إدينجتون من انعطاف الضوء بتأثير التثاقل[*13]، الذي تنبأت به نظرية آينشتاين النسبية العامة، تمتم رذرفورد بأن هذه النتيجة يمكن «أن تنأى برجال العلم عن التجربة نحو تصورات ميتافيزيائية بعيدة المدى». وبالمقابل، عندما نحّى النازيون ماكس بورن، أحد رواد الميكانيك الكمومي، عن كرسي الفيزياء النظرية في جوتنجن، جنّد رذرفورد مباشرة جميع الإمكانات المتوافرة آنذاك ليجد له سندا ومركزا يعمل فيه في مختبر كافنديش ومنزلا في كامبردج. وكان رذرفورد يستنكر تحدث الناس بلغات مختلفة، فقد كان يقول: «يمكنك أن تعبر عما تريده أحسن تعبير بلغة واحدة، وهذه اللغة يجب أن تكون الإنجليزية» ـ ومع ذلك كان يكاتب جميع الفزيائيين الأوروبيين البارزين، ويبذل جهدا خاصا لمساعدة أي إنسان كان في ضيق مهني أو شخصي. فقد ساعد ماري كوري حين أثارت الصحف الفرنسية فضيحة علاقتها الغرامية مع الفيزيائي بول لانجوفان[*14].

ولم يكن رذرفورد قط ذلك القومي المتعصب كما يبدو من أقواله، فحافظ على اتصاله مع صديقه ستيفان ماير ـ رئيس معهد الراديوم في فيينا ـ حتى عندما جعل اندلاع الحرب العالمية الأولى من ماير عدوا له. وفي عام 1921، عندما أصبح معهد ماير مهددا بتفاقم التضخم، أنقذه رذرفورد بأن جعل الجمعية الملكية تدفع لماير 500 جنيه إسترليني مقابل كمية من الراديوم كان قد اقترضتها لمختبره في مانشستر قبل الحرب. وعندما صرف النازيون العلماء اليهود من الجامعات الألمانية، كان رذرفورد أول المبادرين إلى تأسيس

مجلس العون الأكاديمي، الذي جمع أموالا لمساعدتهم وإعادة توطينهم في بريطانيا. ولكن الأمر الغريب أن هذا الرجل الصريح، كان يحجم عن توجيه إدانة علنية للنازيين في سياستهم ضد اليهود خوفا من إغضاب الألمان ورغبة في البقاء بعيدا عن السياسة. ويعكس هذا الموقف الهيوب حكما مغلوطا واسع الانتشار، جعل النازيين على يقين أكثر بأن بريطانيا لن تحارب أبدا.

ولقد تُوجت رئاسة رذرفورد لمختبر كافنديش بإنجازات مهمة جدا في العام 1932، عندما اكتشف جيمس شادويك النيوترون وشطر جون كوكروفت وإرنست والتون ذرة الليثيوم، وبرهن باتريك بلاكيت على وجود البوزترون. وقد ألقت هذه الانتصارات بظلالها على انبثاق علم جديد في قسم صغير من مختبر كافنديش هو علم البلورات crystallography. فقد كان هناك شاب إيرلندي ألمعي مفعم بالحيوية هو ج.د. برنال بدأ بتطبيق الفيزياء على دراسة الجزيئات الحية، كالبروتينات والفيروسات. ومما خيب أملي عندما كنت طالبا باحثا عند برنال، أن رذرفورد لم يكن يطل علينا ليكتشف ما كنا نفعله، وكنت أظن أن ذلك يُردّ إلى أنه كان غير عابئ بالعلوم الأخرى غير الفيزياء الذرية. ولكن ولسون يروي أن رذرفورد، ذلك الصفوي[(*15)] المحافظ، كان يمقت برنال غير الانضباطي والذي كان شيوعيا يطارد النساء ويترك خياله العلمي يسرح في الفضاء الواسع. وقد فوجئت عندما قرأت أن رذرفورد كان يريد طرد برنال من مختبر كافنديش لولا أن و.ل. براج، الذي خلف رذرفورد في مانشستر وفي كامبردج، حال دون ذلك. فلو لم يتدخل براج في هذا الشأن لما بدأ عمل برنال الطليعي في البيولوجية الجزيئية، ولما حللت أنا وجون كندريو بنية البروتينات، ولما التقى واتسون وكريك أبدا (ليجدا بنية الدنا).

لقد أُصبت بخيبة أمل حين وجدت المختبر الشهير فقيرا في تجهيزاته وأن بعض أعضائه يجعلون من عوزهم فضيلة حين يتفاخرون بمكتشفاتهم العظيمة التي تحققت بتجهيزات بسيطة إلى أبعد الحدود. كان رذرفورد في الظاهر غير مبال بزيادة المبالغ للحصول على تجهيزات للمختبر مضمونة أكثر، على الرغم من أنه كان مغتاظا من التعطل المتكرر للآلات في هذا المختبر. ويعتقد ولسون أنه على الرغم من ثقته الهائلة بعبقرية رذرفورد

العلمية، فقد كان يفتقر إلى الجرأة على طلب مبلغ كبير. ولكن يبدو أن هذا أمر مشكوك فيه، إذ ربما كان هذا هو أسلوب رذرفورد في العمل ليس إلا. ثم إن إخفاق رذرفورد في المختبر بالنسبة للأضرار التي لحقت به، كان يشاركه فيه براج، الذي كان يعاني في شبابه طغيان تقتير لنكولن Lincoln المرعب، ذلك القيم على المختبر ذي الشاربين الذي ظل حتى مجيئي إلى المختبر.

ولابد من القول بصيغة ملطفة أن رذرفورد وبراج لم يكونا يكترثان بالمال لنفسيهما. فرذرفورد شأنه شأن فارادي، لم يستصدر قط براءة (باكتشافاته) ولابد أنه كان سيستنكر من تقنيي الوراثة تهافتهم الآن على المال. كما كان رذرفورد ينفر من التأبّه[*16] (الفخفخة)، ومع ذلك قبل بكل فخر لقب النبالة (منح لقب سير). ولكن ولسون مخطئ في وصف مختبره بخلوه من التمييز الطبقي. فمن الجائز أنه لم يكن قائما بين العلميين، ولكن كان ثمة فصل حاد بينهم وبين التقنيين تجلى بقاعتين منفصلتين للشاي. وقد أثار هذا كثيرا من شعور الاستياء عندما وُضع المهندسون المؤهلون مع التقنيين. وكان رذرفورد يمنع العمل في المختبر بعد الساعة السادسة مساء، وهذا بحجة أن عليهم الانصراف إلى منازلهم ليفكروا هناك. وقد مُنع عني لسنوات عديدة بعد وفاته مفتاح مبنى كافنديش، فكنت إذا أردت في الليل إطفاء أنبوب الأشعة السينية الذي يخصني، كان علي أن أتسلق البوابة الحديدية الطويلة، وأن أواجه غضب البواب الذي كان يحرس الباحات القليلة الإضاءة.

ليس لكل هذا أهمية تذكر، ولكن الأمر الذي لفت نظر كابيتسا هو ما وصفه لوالدته عند وصوله إلى مختبر كافنديش عام 1921:

«كل شيء بالنسبة لنا في روسيا كان مفصلا وفق النموذج الألماني.. ولكن إنجلترا قدمت أبرز الفيزيائيين. وقد بدأت الآن أفهم لماذا تنمي المدرسة الإنجليزية الفردية، وتفسح مجالا لا نهاية له لإظهار الشخصية.. إنهم هنا، غالبا ما يقومون بأعمال تصورها غير معقول، حتى إنها ستكون مثارا للسخرية في روسيا. وحينما سألت لماذا؟.. تبين لي أنها مجرد أفكار شبان. ولكن التمساح (اللقب الساخر الذي أطلقه كابيتسا على رذرفورد) يقدر جدا الأشخاص القادرين على التعبير عن أنفسهم لدرجة أنه لا يسمح

لهم بالعمل في موضوعاتهم الخاصة فحسب، بل إنه يشجعهم ويحاول أن يجد معنى لخططهم التي قد تكون في بعض الأحيان لا طائل منها. والعامل الثاني هو الإلحاح على التوصل إلى نتائج لأعمالهم».

وقد ظل هذا صحيحا حتى عندما تركت مختبر كافنديش بعد واحد وأربعين عاما.

## مكتشف الميكانيك الكمومي[*17]

إن المعضلات التي يشير إليها عنوان هذا الكتاب، هي تلك التي واجهت عالما ألمانيا رائدا كان يؤمن ببلده في الحق والباطل، حتى عندما أصبح هذا البلد مجسدا للشر. وهذا العالم هو ماكس بلانك، الفيزيائي الذي مازال ذائع الشهرة لإدخاله النظرية الكمومية Quantum Theory. ولد في عام 1858 في كيل[*18] التي كانت حينذاك جزءا من الدنمارك. ومن ذكرياته المكونة لشخصيته، دخول قوات بسمارك البروسية الظافرة عام 1864 إلى هذه المقاطعة الألمانية لتوحيدها مع بروسيا. وقد جعله موت أخيه الأكبر في معركة فردان في أثناء الحرب الفرنسية ـ البروسية عام 1870 ـ 1871 «يشعر بأنه متوحد مع أولئك الأبطال الذين مهروا بدمائهم حبهم الحقيقي لأرض أجدادهم». وفي تلك الأيام كانت هذه المشاعر (في ألمانيا خاصة) مشاعر نبيلة. أما في مدرسته في ميونيخ حيث كان والده أستاذا للقانون، فكان غالبا ما يحصل على الجوائز السنوية لسلوكه الديني الصالح. وكان أساتذته يصفونه بأنه ذو ضمير حي وصريح وأنه مرح وموهوب في كل المواضيع ولاسيما في الرياضيات، إضافة إلى أنه متواضع وأليف مع زملائه في الصف، وموسيقي أيضا، وله صوت مكتمل الطبقات. وقد احتار بين دراسة الآداب الكلاسيكية والموسيقى والفيزياء، ولكنه اختار أخيرا الفيزياء. ومع ذلك نصحه أحد الفيزيائيين الرواد بأنه لم يبق في هذا العلم أي شيء ذي شأن للاكتشاف. ولم يجد بلانك فعلا أي شيء يتمرد عليه حتى تجاوز الأربعين، وذلك عندما قادته متابعته الدؤوبة لإحدى المسائل الفيزيائية المهمة، ورغما عن إرادته تقريبا، إلى اكتشافه الثوري.

وكان حتى ذلك الحين يؤلف كتبا مطولة عن فيزياء الحرارة بصفته أستاذا محاضرا في ميونيخ، ثم بصفته أستاذا في كيل وأخيرا في برلين.

ولكن هذه الكتب لم تثر إلا القليل من الاهتمام. وقد تم تعيينه في كيل «بعد اقتناع من (المسؤولين) بأنه سيظل وفيا بإخلاص لا يعرف الوهن لجلالة الإمبراطور وللعائلة الإمبراطورية». وهذه الجملة بالنسبة لبلانك لا تُقرأ كجملة لا معنى لها، وإنما هي واجب مقدس سيظل مرتبطا به ثلاثا وثلاثين سنة بعد ذلك، حتى بعد انهيار الجيوش الألمانية في أكتوبر 1918. وحينذاك كتب إلى آينشتاين: ستكون ضربة حظ بالنسبة إلينا ونعمة منقذة فعلا، فيما لو تخلى حامل التاج طواعية عن حقوقه. ولكن كلمة «طواعية»، تجعل من المستحيل بالنسبة إلي أن أقدم خدماتي في هذا السبيل. لأني أولا: أفكر بالقسم الذي أقسمته، وثانيا: إني أشعر بشيء لن تفهمه أنت مطلقا.. وأعني به ولائي وتعلقي الذي لا يقهر بالدولة التي أنتمي إليها والتي تجسدت في شخص العاهل الكبير.

وبعد يومين أعلن الرايخستاغ قيام جمهورية برلمانية (فدرالية) رمت بألمانيا في أحضان الفوضى.

جاء اكتشاف بلانك الذي صنع عهدا جديدا للفيزياء في عام 1900، وكان حول مسألة التأثير المتبادل بين الإشعاع والمادة، وهي المسألة التي كانت تشغل تفكير الفيزيائيين الألمان وتتعلق بلون الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود الحار وبشدته. وكان الفيزيائيون التجريبيون قد طوروا طرقا حساسة لقياس الإشعاع. وتوصل النظري ويلهلم فين W. Wien إلى نظرية قائمة في الظاهر على أساس رياضياتي متين تفسر مشاهداتهم، ولكن بعد إرهاف التقنيات ورفع درجات الحرارة أصبحت الانحرافات عن قانون«فين» مفضوحة. لذا عدّل بلانك قانون «فين» بطريقة تجعله متفقا تماما مع المشاهدات. وكان أي رجل أدنى من بلانك سيكتفي بذلك، إلا أن بلانك كان قد حاول طوال ست سنوات بلا جدوى صياغة قانون أساسي يعبر عن التفاعل بين المادة والإشعاع. «فشعر أن قانونه لم يكن له سوى قيمة محدودة»، لأنه حتى لو ثبت أنه دقيق، فقد توصل إليه «بتخمين موفق» لا أكثر. لذا، فقد كتب: «من يوم أن صغته، وأنا منشغل بمسألة الحصول على معنى فيزيائي حقيقي له.. وبعد عدة أسابيع من العمل الدؤوب الذي لم أبذل مثله في حياتي كلها، انقشع الظلام، وبدأ عقلي يتفتح على رؤية جديدة لم أكن أتوقعها».

كان الفيزيائيون الكلاسيكيون (التقليديون)، ومن بينهم بلانك، متشككين بتفسير الفيزيائي النمساوي لودفيج بولتزمان للحرارة بأنها حصيلة اهتزازات ذرية، وفضلوا التفكير في المادة باعتبارها متصلا continuum. ولكن سرعان ما اتضح لبلانك أن قانونه في الإشعاع يتنافى مع هذه الصورة. وقد اعترف بلانك بعد عدة سنوات للفيزيائي الأمريكي ر.و. وود «إن ما فعلته يمكن أن يتلخص ببساطة بأنه عمل دفع إليه اليأس.. فقانونا الثرموديناميك (الديناميكا الحرارية) لا يجوز نقضهما في سائر الظروف[*19].. وأما ما عدا ذلك فقد كنت مستعدا للتضحية بأي معتقد من معتقداتي السابقة المتعلقة بقوانين الفيزياء». كان فين وبلانك كلاهما قد فكرا بإشعاع الجسم الأسود باعتباره صادرا عن اهتزاز شحنات كهربائية صغيرة في هذا الجسم. ولكن أيا منهما لم يعتبر الهزازات oscillations ذرات[*20]. وحين يئس بلانك، قرر استخدام تصور بولتزمان الذري لكي يصوغ التوازن بين الإشعاع والمادة في قانون عام. ففرض عليه عمله الرياضياتي نتيجة غريبة، وهي أن الطاقة المباحة للهزازات لم تكن مستمرة «وإنما هي مكونة من عدد محدد من أجزاء محدودة متساوية.. أو من عناصر طاقة». وقد دعا بلانك كلا من هذه العناصر كموم (كم) الفعل The quantum of action الذي سرعان ما أصبح يعرف باسم ثابت بلانك[*21].

كان مفهوم هذا الثابت ثوريا لدرجة أنه ما من أحد، حتى ولا بلانك نفسه، أدرك مباشرة ما سينتج عنه. ولكن رجلا واحدا أدرك ذلك بعد سنوات قليلة، وكان ذلك الرجل هو آينشتاين. عندها كان بلانك أكثر انشغالا بثابت كوني آخر ظهر في قانونه الجديد للإشعاع، وقد سماه على سبيل التكريم ثابت بولتزمان الذي يدين له في تصديه الناجح لمسألة الإشعاع. فباستعمال هذا الثابت، أمكنه حساب الأوزان الحقيقية للذرات الفردية؛ كما أمكنه حساب الشحنة التي يحملها الإلكترون الذي كان قد اكتشف حديثا، ولم يُستمد ثابت بولتزمان من قوانين أخرى غير قوانين الحرارة؛ ومع ذلك، حين يؤخذ ثابت بولتزمان مع ثابت قانون نيوتن في الثقالة وسرعة الضوء، يعطينا (بعد حسابات بسيطة) منظومة وحدات طبيعية للكتلة والشحنة الكهربائية والطاقة والزمن. وهذه الوحدات مستقلة عمن يقوم بالرصد، وتظل سارية عبر الكون كله. فأقنع هذا الاكتشاف صاحبه

بلانك بأن هناك كونا فيزيائيا مستقلا عن حواسنا.

كان إلحاح بلانك على واقعية الذرات، التي لم يسبق لأحد أن رآها، وعلى أن للثوابت الفيزيائية التي استمدت من قوانين الحرارة، شرعية كونية، سببا لدخوله في خصومة حادة مع الفلاسفة الوضعيين Positivists. ويفترض مؤلف الكتاب (الذي هو محور حديثنا) أن قراءه يعرفون عما تدور الوضعية؛ أما أنا فلم أكن أعرف، فبحثت عنها في الموسوعة البريطانية، وعرفت أن مؤسسها (وهو فيلسوف القرن التاسع عشر الفرنسي أوغوست كونت، كان قد وصف مقرره في الفلسفة بأنه «وضعي»، لأنه كان معنيا بالحقائق الوضعية[*22] فقط. فالعلوم عند «كونت»، يجب أن تدرس الحقائق الطبيعية وأنساقها وأن تصوغها على شكل قوانين وصفية، لا أن تؤول معناها، كما فعل بلانك، بلغة واقع لا يمكن مشاهدته مباشرة. وكانت مدرسة وضعيي القرن العشرين في فيينا، تميز بين كلام ميتافيزيقي، وقضية (أو دعوى) أصيلة، بأن الثانية تحتاج إلى أن يكون ممكنا التحقق منها تحققا حاسما. فقولنا توجد ذرات أو يوجد «كم» هما قضيتان لم يكن ممكنا التحقق منهما آنذاك. وقد مضى خصم بلانك الرئيسي، الفيلسوف والفيزيائي إرنست ماخ إلى أبعد من ذلك وقال إن المعرفة الواقعية كلها تقوم على وضع منظومة من المفاهيم وعلى إنجاز تجربة مباشرة، فهو لذلك كان ينفي وجود ما دعاه «كانت» Kant «الأشياء بذاتها» أي الكيانات النهائية المختفية تحت الظواهر.

وهكذا، ولأول مرة، تحول بلانك المسالم الودود إلى مقاتل. فقد أكد بقوة واقعية العالم غير المرئي الذي انبثق من عمله الرياضياتي، وصرح بأن «الفيلسوف الذي يقيد نفسه، بصدد كل فكرة جديدة، بالسؤال: ترى إلى أي مدى هي ذات معنى واضح سلفا، هو فيلسوف يعيق تطور العلم. إذ ليس ما يهم أن تكون الفكرة واضحة مسبقا، بل المهم هو أن تؤدي تلك الفكرة إلى عمل مفيد. والوضعية التي تدحض كل فكرة متسامية هي رؤية ملتزمة بجانب وحيد مثلها مثل الميتافيزيقا التي تستهتر بالتجربة الفردية». وقد رد ماخ بازدراء: «إذا كان الإيمان بواقعية الذرات أساسيا بالنسبة لك إلى هذه الدرجة، فلن يكون لي أنا بعد الآن أي تعامل مع التفكير الفيزيائي». وبعد سنوات عديدة عبّر بلانك عن أساه بقوله «لم أنجح قط في جعل الجميع

يوافقون على نتيجة جديدة أستطيع إثبات صحتها بحجة حاسمة رغم كونها حجة نظرية بحتة. وكان ذلك أكثر ما عانيته إيلاما».

عندما استنتج بلانك قانونه في الإشعاع، كان قد جزأ طاقة هزازات oscillators الجسم الأسود وحدها إلى كموم، وترك المعنى الفيزيائي لكم الفعل غير واضح[(*23)]. وبعد خمس سنوات من ذلك نشر آينشتاين مقالاته الثلاث، وكان بينها واحدة تحمل العنوان: «حول وجهة نظر استدلالية تتعلق بإنتاج الضوء وتحوله». وقد وسّع هذا البحث عمل بلانك حول تفاعل الإشعاع مع المادة وعمقه. فقد استهل آينشتاين بحثه باقتراح ثوري يقول إن الإشعاع (أو بكلمة أخرى الضوء نفسه) يتكون من كموم. وقاده إلى ذلك حجة رياضياتية عبقرية جعلته يستنتج أن هذه الكموم هي ذاتها كموم بلانك. كما أثبت آينشتاين أن نظريته تؤدي إلى فهم مفعول محير كان قد اكتشفه، ويا للعجب، هينريش هرتز الذي كان يظن أنه أثبت أن الضوء أمواج كهرمغنطيسية. وهذا المفعول هو «المفعول الكهرضوئي» (الضوئي الكهربائي)، الذي سمي كذلك لأن الضوء الساقط على بعض المعادن، كالسيلينيوم، يسبب إصدار إلكترونات. وقد بيّن آينشتاين أن السبب في حدوث ذلك هو كموم الضوء الذي تمتصه ذرة المعدن فتنتقل طاقته إلى أحد إلكتروناتها وتحرره. فبحثه هذا يستلزم بأن تكون الطاقة كلها مجزأة إلى كموم، سواء أكانت محتواة في الإشعاع أم في الذرات. فكان هذا هو المعنى الحقيقي لقانون بلانك في الإشعاع.

كان بلانك متأثرا تأثرا عميقا ببحوث آينشتاين، وكان من الممكن لشخص أضعف منه أن يخشى طغيان شخصية آينشتاين عليه. لكن بلانك استحدث في برلين منصب الأستاذ الباحث المتحرر من جميع الواجبات خصيصا لآينشتاين. وكان كل منهما معجبا بالآخر، فآينشتاين الذي لم يكن يأبه بذوي المقام الرفيع، كتب فيما بعد أن أفضل ذكرى لديه عن برلين كانت شعوره الدائم بالبهجة لكونه بالقرب من بلانك. ومع ذلك كانت وجهات نظر الرجلين مختلفة حول أي موضوع تقريبا غير العلم. وكان بلانك موقرا عند كل من كان يعرفه، فقد كان نبيلا متواضعا، لطيفا، متحررا كليا من خيلاء الأستاذ الألماني التي يُضرب بها المثل. وقد كتبت عنه ليز متنر، التي عملت معه لمدة أربعين عاما، بأنه لم يكن يقرر أي شيء على أساس أنه قد

يكون مفيدا أو سيئا بالنسبة لشخصه هو، بل على أساس ما تستحقه الحالة. فهو في هذا يتعارض مع ما قاله جون كينز عن لويد جورج بأنه: «كان يتخذ أي قرار على أساس غير الأساس الذي تستحقه الحالة»[*24].

كان بلانك في واقع الأمر قديسا من نوع ما. وقد كتب عن نفسه بأنه كان شديد التدين، رغم عدم اقتناعه بالتصور الكنسي المسيحي. وقد عبر بلانك عن معتقداته خير تعبير في محاضراته المنشورة حول فلسفة الفيزياء. فقد كتب فيها «هناك عالم واقعي مستقل عن حواسنا. فقوانين الطبيعة لم يخترعها الإنسان من عنده، بل فرضها عليه العالم الطبيعي. وهي تعبر عن وجود نظام كوني عقلاني. والدين والعلم الطبيعي، كلاهما يحتاجان إلى الاعتقاد بالإله. ولكن الإله بالنسبة للدين، هو نقطة البدء، وهو بالنسبة للعلم الطبيعي هدف كل تسلسل للفكرة»، كما كتب في مكان آخر «يجب أن تخلو الفيزياء من التناقضات، وهذا يؤول من حيث الأخلاقيات إلى الاستقامة والأمانة. ولأن العدالة لا تنفصم عن الأمانة، فيجب أن تكون هي نفسها بالنسبة للجميع، مثلها مثل قوانين الطبيعة». وهذه الأفكار تقترب من محاولات جاك مونو في بناء أخلاقيات تستند إلى الحقائق العلمية. وفي حين كان بلانك الابن البكر لراعي أبرشية بروتستانتي وآينشتاين ابن رجل أعمال يهودي، فقد كانا كلاهما يعتقدان بأن للعالم نظاما عقلانيا مستقلا عن الإنسان، هو من صنع الإله. وكانا كلاهما أيضا يعتقدان بالحتمية والسببية المطلقة. ولذلك كانا على حد سواء ممتنعين عن التسليم بأن ميكانيكا إروين شرودينجر وماكس بورن الموجية الاحتمالية هي الصورة النهائية للعالم الذري.

ولقد حزنت لدى قراءتي أن إيمان بلانك وطيبته لم تمنعاه من أن يصاب بحمى التعصب القومي الألماني في بداية الحرب العالمية الأولى. ولعل ذلك يرد إلى أن وفاءه لمجد أرض الأجداد كان قد ذهب به إلى أبعد من حب الإنسان الطبيعي لوطنه، ووجد تجسيدا له في شخص الإمبراطور. كان بلانك واثقا من سلامة القضية الألمانية ومن الطبيعة الحضارية للشعب الألماني كله، لذلك رفض ساخطا تقارير الحلفاء الدعائية عن فظاعات الألمان في بلجيكا، باعتبارها دعاية كاذبة، وظل كذلك إلى أن أقنعه بعكس ذلك، بعد سنتين، صديقه الفيزيائي الهولندي هنريك لورنتز.

وبعد الحرب العالمية الأولى مباشرة، تعرض إيمان بلانك الساذج بالطيبة الألمانية لمزيد من الاهتزاز نتيجة للتهجمات الباطلة على آينشتاين. وكنت من جهتي متوهما أن تفاقم اللاسامية[*25] لم يبدأ إلا بعد أن تبوأ هتلر السلطة عام 1933؛ ولكني علمت من كتاب هيلبرون بأن التهجمات على آينشتاين بدأت عام 1919، وهو العام نفسه الذي أكد فيه سير آرثر إدينجتون النظرية النسبية وذاعت شهرة آينشتاين عالميا. وكانت هذه التهجمات تصدر عن الفيزيائيين اللاساميين الذين رفضوا نظريات آينشتاين، وعن الصحف اللاسامية والسفاحين النازيين الذين هددوه بالقتل، مع أن آينشتاين كان ذلك الرجل المسالم الذي لم يسبب ضررا لأي إنسان، والذي كان بلانك يرى فيه واحدا من أعظم الفيزيائيين في كل العصور. وقد وقف بلانك موقف المعارض للاسامية الرسمية في مناسبتين مبكرتين، الأولى في عام 1894 عندما حاول وزير التربية البروسي التهرب من توصية كلية العلوم بتعيين أحد اليهود في كرسي الفيزياء التجريبية في برلين، والأخرى في عام 1895 عندما طلبت الوزارة تنحية أستاذ محاضر يهودي، كانت جريمته الوحيدة أنه يدعم الحزب الديمقراطي الاجتماعي. ولم يرد يكن بلانك على التهجمات المنصبة على آينشتاين بالتنديد باللاسامية علانية، بل بترتيب مناقشة عامة بين آينشتاين وزعيم المعارضين للنسبية، وهو فيليب لينار، «كانت تتجابه فيها بطريقة مشرفة وجهات نظر متعارضة عن أسس العلم الإبستمولوجية»، ولكن هذا لم يفعل أي شيء لإسكات حملات الافتراء.

وفي عام 1933، وعندما استلم هتلر السلطة، كان بلانك، بصفته عميد العلم الألماني، أمين سر أكاديمية العلوم البروسية، ورئيس جمعية القيصر ولهلم للعلوم، وهي سلف جمعية ماكس بلانك الحالية للعلوم التي كانت ترعى معاهد البحث المستقلة في ألمانيا بما فيها معهد آينشتاين في برلين. وقد صادف أن كان آينشتاين في الولايات المتحدة وعلم هناك بإبعاد العلماء اليهود، فصرح علانية بأنه لن يعود إلى ألمانيا لأنها لم تعد تعترف «بالحرية المدنية والتسامح والمساواة بين المواطنين أمام القانون». وردت الصحف النازية على تصريح آينشتاين بسيل من الشتائم. أما المفوضية الألمانية، المعينة من قبل وزير التربية البروسي للقيام بمهام الأكاديمية، فقد دعت إلى القيام بإجراء تأديبي ضد آينشتاين. وقد أدرك بلانك بأن لا أمل في

التفاهم ونصح آينشتاين بالإذعان «لكي يحافظ على علاقاته المشرفة مع الأكاديمية ويجنب أصدقاءه أحزانا وآلاما لا حدود لها».

لم يبد بلانك تفهما لاحتجاجات آينشتاين العلنية، اعتقادا منه بأن على آينشتاين لكونه ألمانيا، الوقوف إلى جانب بلده في الخارج مهما كانت أخطاء نظامها الجديد، وقد أخبر آينشتاين أن تصريحاته المعلنة سببت لكل أصدقائه ألما شديدا: «لقد حدث تصادم بين وجهتي نظر متعارضتين حول العالم. ولم أستطع تفهم أي منهما. وإني أشعر أني بعيد عن وجهة نظرك، كما ستتذكر من أحاديثنا حول دعوتك لرفض الخدمة العسكرية» (في أثناء الحرب العالمية الأولى). وفي اجتماع رسمي للأكاديمية، صرح بلانك بأن على أعضائها واجب الإخلاص للحكومة، وأبدى أسفه لكون موقف آينشتاين السياسي جعل استمرار عضويته مستحيلة. وللأمانة، فقد أكد على أن آينشتاين لم يكن مجرد فيزيائي مرموق، بل هو الفيزيائي الذي اكتسبت المعرفة الفيزيائية ببحوثه التي نشرتها الأكاديمية، في قرننا الحالي، عمقا يبلغ مدى لا يقارن إلا بإنجازات كبلر ونيوتن». ولكني أجد صعوبة في فهم كيف يمكن لبلانك أن يتوقع من آينشتاين الإخلاص لحكومة مكونة من رجال لطالما عاملوه معاملة المجرم. ولم يغفر آينشتاين لبلانك إطلاقا ما رأى أنه إخفاق جبان في مناصرته ومناصرة زملائه اليهود.

وعندما صرف من الخدمة فريتز هابر، الكيميائي اليهودي الذي ركب الأمونيا من آزوت الهواء - وبذلك أنقذ الجيش الألماني من نفاد المتفجرات لديه بعد بداية الحرب العالمية الأولى مباشرة - من دون أن يرتكب أي عمل طائش، التمس بلانك مقابلة مع هتلر ليحثه على إعادة هابر إلى عمله. وعندما امتدح بلانك إسهامات هابر ويهود ألمان آخرين في العلم، أجابه هتلر بأن ليس لديه شيء ضد اليهود في هذا المجال، ولكنهم كانوا جميعا شيوعيين. وعندما حاول بلانك أن يحتج، صرخ هتلر: «يقول الناس إني مصاب بضعف عصبي، ولكنني أملك أعصابا كالحديد». ثم أخذ يلطم ركبتيه في غيظ استمر إلى أن آثر بلانك المغادرة. وقد أخبر بلانك (زميله) ماكس بورن بعدئذ - وهو فيزيائي يهودي مرموق آخر صرفه النازيون أيضا من الخدمة - بأن هذه المقابلة حطمت كل الآمال بإمكانية ممارسة تأثيره بشكل علني لمصلحة زملائه اليهود. وهذا ما فعله أيضا في مناسبة أخرى

وحيدة بعد سنتين، وبعد وفاة هابر في المهجر، مبعدا من قبل الألمان لكونه يهوديا، ومن قبل زملائه البريطانيين والفرنسيين لكونه البادئ في صنع غاز الحرب في ألمانيا، عندئذ قرر بلانك أن على جمعية القيصر ولهلم للعلوم أن تعقد اجتماعا لإحياء ذكرى هابر. وعندما أرسلت الدعوات، منع وزير الثقافة كل موظفي الحكومة من الحضور. وعلى الرغم من هذه التهديدات، قال بلانك إنه سيعقد الاجتماع حتى ولو أخرجته الشرطة بالقوة. فحضر، على الرغم من معارضة الوزير، فيزيائي آخر موظف في الدولة ويحمل جائزة نوبل هو فون لاو Von Laue. ولكنه عانى بعد ذلك أزمة قلبية. وهذه دلالة على التوترات التي كان يعيش فيها الألمان في ذلك الوقت.

عندما كان «لاو» ماضيا إلى جولة محاضرات في الولايات المتحدة، طلب إليه بلانك أن يجعل الناس هناك يفهمون الصعوبات التي كان عليه مواجهتها، وأن يطمئنهم بأن «عهودا أكثر طمأنينة وطبيعية ستعود». فقد كانت هذه هي تجربة بلانك في أثناء الثورة والحرب الأهلية والتضخم بعد الحرب العالمية الأولى[*26]، فقد كان ثباته وحده عندئذ هو الذي جعله يتمكن من إعادة بناء، وحتى من شد عزيمة، بنية الفيزياء الألمانية على الرغم من الظروف المضطربة. وكان بلانك يشعر بأنه واثق من قدرته على فعل ذلك مرة أخرى. فقد كان يحاول سرا في هذه الأثناء، تخفيف الضرر إلى الحد الأدنى بإبقاء السلطة الإدارية بيده هو نفسه بدلا من ترك النازيين يمسكون بها. ولهذا السبب أحجم عن الاحتجاجات العلنية، وحاول بدبلوماسية هادئة إيقاف صرف رؤساء معاهد القيصر ولهلم اليهود من الخدمة، وحاول ثني العلماء الألمان عن الهجرة إلى خارج البلاد، ومن هؤلاء فيرنر هايزنبرج، مؤسس الميكانيك الكمومي الذي كان موضع تهجمات أثيمة من قبل الصحافة النازية بسبب دعمه لنظرية آينشتاين النسبية. فبقي هايزنبرج في ألمانيا وترأس فيما بعد مشروع القنبلة الذرية الألمانية، الذي ثبت لحسن الحظ عدم نجاحه. ولكن إخفاق بلانك في الصمود علانية في وجه فظاعات النظام النازي، ومناوراته السرية في إنقاذ العلم الألماني، كان كارثة، لأنه عزز الدعاية النازية التي وصمت التقارير حول ما يجري في ألمانيا بأنها من صنع اليهود.

لقد ثبت أن مثل القرن التاسع عشر الأعلى عند بلانك، المتمثل في

«ضمير نقي يعبر عن نفسه بوفاء الإنسان لواجبه بضمير حي» هو دليل غير كاف في هذه الأيام الشريرة. فلقد حطمت خاتمة مآسي حياته الرهيبة آماله بأيام أفضل. إذ قُتل ابنه البكر كارل في الحرب العالمية الأولى، كما ماتت ابنتاه لدى وضع كل منهما ولدها الأول. ولم يبق له من أولاده سوى إرون الذي كان له أيضا أقرب صديق. وكان موظفا كبيرا في وزارة الدفاع في جمهورية فيمار. وبعد الاعتداء على حياة هتلر في يوليو 1944 سجن إرون. وتبعا للمؤرخين الذين نبشوا دليل الشرطة الموجه ضده، كان إرون منذ عام 1934 وما بعده، قد ناقش مع فئات عدة سبلا ممكنة للإطاحة بالنظام النازي وكان على معرفة ببعض المتآمرين على حياة هتلر، ولكنه لم يكن مطلعا على المؤامرة الفعلية. ولما كان الوالد وابنه مرتبطين بعلاقة متينة، لذلك يعتقد مؤلف الكتاب (هيلبرون) أن الوالد كان يعرف ولابد هذا النشاط؛ وربما يفسر ذلك جزئيا تحفظ بلانك أمام الناس وثقته بمجيء أيام أفضل. وعلى مدى عدة أشهر بعد سجن إرون، كان بلانك ممزقا بين الأمل واليأس، إلى أن تلقى خبرا حطمه بأن محكمة الشعب قد حكمت على إرون بالموت. وعندئذ كتب بلانك إلى هتلر وهملر يؤكد لهما بأن ابنه لم يكن لديه أي علم بالمؤامرة، وفي أوائل فبراير 1945 أخبر بتأجيل وشيك لتنفيذ الحكم. ولكن إرون شنق بعد خمسة أيام من ذلك. وقد كتب بلانك في رسالة حملت هذا الخبر إلى صديقه الفيزيائي أرنولد سمرفيلد «لا يمكن لحزني أن يُصب في كلمات، إني أكافح لأقوي عزيمتي على العمل الدؤوب من أجل أن يكون لحياتي المستقبلية معنى». فحتى بعد هذه المأساة الختامية، ظل هذا المثل الأعلى الألماني المميز نجم بلانك الذي يهتدي به.

## مكتشفا اللولب المزدوج(*27)

في يوم من أيام عام 1950 اندفع عبر بابي رأس فتى غريب ذي شعر مقصوص كالقنفذ وعينين جاحظتين، وسألني من دون أن يقرأني السلام «هل يمكنني أن آتي للعمل هنا؟». كان هذا الفتى هو جيم واتسون Jim Watson الذي كان يريد الانضمام إلى الفريق الصغير من المتحمسين للبيولوجيا الجزيئية في مختبر كافنديش (بكامبردج) الذي كنت أترأسه.

كان زملائي: جون كندريو وهو كيميائي مثلي، وفرانسيس كريك وهيج

هكسلي، وهما فيزيائيان. وكنا نجمع على الاعتقاد بأنه من غير الممكن فهم طبيعة الحياة إلا بالوصول إلى معرفة البنية الذرية للمادة الحية، وأن الفيزياء والكيمياء ستفتحان لنا الطريق فيما لو استطعنا الاهتداء إليه.

وقد صور واتسون نفسه في كتابه الرائج «اللولب المزدوج» The Double Helix كراعي بقر وقح من الغرب الأمريكي يدخل في دائرتنا الطيبة النبيلة. ولكن هذه الصورة كاريكاتورية، فقد كان لوصوله أثر مكهرب فينا، لأنه جعلنا ننظر إلى مسائلنا من وجهة نظر جينية (مورثاتية) genetic. فهو لم يكن يتساءل فحسب ما البنية الذرية للمادة الحية؟ بل كان يتساءل في الدرجة الأولى: ما بنية الجينة (المورثة) الذي يحدد هذه البنية الذرية؟ فلقي تساؤله صدى عند كريك الذي كان قد بدأ يفكر بتفكير مماثل. وكان كريك في الرابعة والثلاثين، أي أنه أكثر من مجرد طالب دراسات عليا ناضج بسبب سنوات أضاعتها الحرب. أما واتسون فكان في الثانية والعشرين، فتى بالغ المهارة من شيكاغو، وكان قد انتسب إلى الجامعة في الخامسة عشرة، وحصل على الدكتوراه في علم الوراثة (الوراثيات) في سن العشرين.

كان يجمعهما شموخ متعال عرف عند الرجال الذين كانوا نادرا ما يصادفون من يساويهم فكرا وعقلا. كان كريك طويل القامة، جميل المحيا، أنيق الملبس، ذرب اللسان وكل جملة من إنجليزيته الملكية مفصلة المقاطع ومنقوطة بفورات ضحك «مجلجل» يتردد صداه عبر المختبر. ولإبراز صورة النقيض، كان واتسون يتجول في المختبر وكأنه متسول، متباه بأنه لم ينظف حذاءه الوحيد طوال الفصل الدراسي (عمل مستغرب في تلك الأيام) كما كانت كلماته المتناثرة تتقاطر خارجة من أنفه في رتابة بطيئة وتخبو قبل ختام كل جملة ثم يتبعها بعدئذ بشخرة.

إذا قلنا إنهما لم يكونا يتحملان الحمقى بطيب خاطر، نكون قد أخفينا بعض الحقيقة، فتعليقات كريك كانت تطعن كالخنجر كل استنتاج لا يتفق مع المقدمات، أما واتسون فكان يبسط جريدته بشكل استعراضي في الندوات التي كانت تسبب له الملل. وكان واتسون قد وجه ذهن كريك إلى بنية الدنا DNA، ومع ذلك كانت علاقتهما تشبه علاقة الأستاذ بتلميذه، لأن واتسون لم يكن لديه الكثير كي يعلمه لكريك، في حين أن هذا الأخير كان لديه

الكثير ليعلمه لواتسون. فقد كان لدى كريك فهم عميق لأصعب العلوم، وهو الفيزياء، التي لولاها لما حُلّت معضلة بنية الدنا وهذا الواقع الحاسم مطموس في كتاب واتسون «اللولب المزدوج». على أن واتسون كانت لديه معرفة حدسية بالسمات التي يجب أن يملكها الدنا لكي يكون له مضمون جيني.

وفي إحدى مراحل البحث كانت هناك حجج كثيرة حول الجينات: هل هي مكونة من سلسلتين أو من ثلاث ملتفة إحداها حول الأخرى. وكان واتسون يتابع دروسا في الفرنسية عند سيدة لديها نزل خاص بالفتيات اللواتي يردن تعلم الفرنسية. وفي أحد الأيام لاحظت هذه السيدة واتسون وهو يذرع المكان حائرا ويدمدم «لابد أنهما اثنتان ـ لابد أنهما اثنتان».. وقد خمنت بأنه عاشق متيم، ولكننا كنا نعرف أحسن منها، فقد كان يفكر فيما إذا كانت الجينات مكونة بالضرورة من سلسلتين من الدنا، وقد كان على حق.

كان كريك وواتسون، مثل ليوناردو، ينجزان أعظم إنتاجهما حين كان يبدو أنهما يعملان أقل. فقد حققا قدرا هائلا من الدراسات الصعبة وهما منعزلان عنا، وغالبا أثناء الليل. ولكن عندما كنا نشاهدهم، كانا يظهران أشبه ما يكونان منهمكين في نقاش يبدو تافها. وكانت هذه هي طريقتهما في التصدي لأي مسألة لم يكن من الممكن حلها إلا بقفزة خيال هائلة مدعومة بمعرفة عميقة. فالخيال له الدور الأول في الإبداع العلمي كما في الإبداع الفني، ولكن لا يوجد في العلم سوى جواب واحد وهو الذي يجب أن يكون صحيحا.

كانت هناك محاولة أخرى لحل بنية الدنا تقوم بها روزاليند فرانكلين في كينكز كولج بلندن. ولكن واتسون صورها في كتابه اللولب المزدوج وكأنها امرأة تدعي العلم ومحدودة وعدوانية. وحين شاهدت مخطوط واتسون، غضبت أشد الغضب لإيذائه هذه الفتاة الموهوبة التي لم يكن باستطاعتها الدفاع عن نفسها، لأنها توفيت في عام 1958 بالسرطان. ولقد انحدرت روزاليند من أسرة مصرفيين لندنيين وكان من المتوقع لها أن تتزوج وتصبح سيدة مجتمع بدلا من أن تبدد وقتها في مسائل علمية عويصة. وليس الأمر أنها لم تكن جذابة، أو لم تكن تعتني بمظهرها، فقد كانت صاحبة ذوق رفيع في ملابسها يفوق بكثير ذوق معظم طالبات جامعة كامبردج،

ولكن معارضة أسرتها ولّدت عندها طموحا عنيفا لا يقهر لأن تثبت أنها عالمة.

كانت تحاول حل الدنا ببطء وبأسلوب منهجي نظامي اعتمادا على نتائجها التجريبية، وكانت تقدر كريك، ولكنها رفضت فكرته بأن الدنا له شكل لولب، مع أن بعض نتائجها تلمح بشدة إلى أنه كذلك. وبدلا من ذلك، وجدت نفسها في طريق مسدود. ويبدو من مدوناتها أنها كانت تحاول فحسب أن تفلت من ورطتها حين حل واتسون وكريك مسألة تكوين الدنا. ولكن كان يمكن، لو أنها أعطيت الوقت الكافي، أن تجد الجواب الصحيح، بل لو أنها عاشت لكانت مرشحة قوية للمشاركة في جائزة نوبل.

# الهوامش

(*1) إطلالة على حياة ألكسندر فلمنج من كتاب:
Alexander Flemming: The Man and the Myth, by Gwyn Macfarlane (London: Chatto & Windus, The Hogarth Press, 1948).
(*2) من المعروف أن حرب البوير نشبت بين المهاجرين البريطانيين والمهاجرين الهولنديين في جنوب أفريقيا.
(*3) مدينة في شمال إيطاليا.
(*4) Lord Joseph Lister (1827 ـ 1912) جراح بريطاني كان أول من استخدم مضادات العفونة (المطهرات) في الجراحة.
(*5) تعادل ما بين 16 و21 درجة مئوية.
(*6) (1854 ـ 1915) بكتريولوجي (عالم في الجراثيم) ألماني مُنح جائزة نوبل للطب أو الفيزيولوجيا عام 1908.
(*7) bacterial antagonism
(*8) bedpans، أوعية يستعملها المرضى المقعدون للتغوط فيها وهم في أسرتهم.
(*9) إطلالة على حياة رذرفورد من كتاب (Rutherford: Simple Genius) تأليف دافيد ولسون David Wilson (إصدار Hodder & Stoughton. لندن 1983).
(*10) plus ça change.
(*11) لأن النواة نفسها موجبة الشحنة والشحنات الموجبة تتدافع، ثم لأن نواة الذهب أثقل بكثير من جسيم ألفا (نواة الهيليوم).
(*12) في عام 1905 نشر آينشتاين تباعا ثلاثة أبحاث: في المفعول الضوئي الكهربائي (الذي فسر نتائج تجريبية غير مفهومة)؛ وفي النظرية النسبية (التي فسرت النتيجة السلبية لتجربة مايكلسون ـ مورلي)؛ وفي الحرارة النوعية للأجسام الصلبة وكيفية تغيرها مع درجة الحرارة والتي كانت نتائج التجارب فيها غير متوقعة. وهذا يدل على ضيق نظرة رذرفورد الذي اتهم النظريين بأنهم لا يلتفتون إلى المشكلات التي تواجه المجربين.
(*13) تثاقل gravitation، ثقالة (أرضية) gravity.
(*14) الحقيقة أن ماري كوري كانت قد رشحت نفسها لعضوية أكاديمية العلوم الفرنسية. ولما كان وجود امرأة في الأكاديمية سابقة ليس لها مثيل، لذا لم يجد المرجفون والحاسدون وسيلة لمنعها من ذلك إلا من خلال فضيحة سلوكية، لأن سجلها العلمي حافل فهي التي نالت جائزة نوبل مرتين في حياتها وكانت أول امرأة تدرس في السوربون.
(*15) puritanical، متشدد في السلوك الفردي أو في المعتقدات.
(*16) snobbery.
(*17) مراجعة لكتاب «معضلات رجل مستقيم: ماكس بلانك بصفته ناطقا باسم العلم الألماني»
The Dilemnas of an Upright Man: Max Blank as a Spokesman for German Science, by J. L. Heilborn

(Berkeley: University of California Press, 1986)

(*18) هي الآن مدينة ألمانية البلطيك.

(*19) هما قانون انحفاظ الطاقة، وقانون تزايد الأنتروبية في أي منظومة معزولة. وهذان القانونان، يتفقان مع البداهة. لذا حين يشعر الفيزيائي بأن في عمله ما ينقضهما يستنتج من ذلك فورا أن ثمة خطأ ما في استنتاجاته.

(*20) تذكر كتب تاريخ الفيزياء أن بلانك كان أمامه قانونان: قانون فين للإشعاعات في مجال التواترات الكبيرة، وقانون آخر كان قد توصل إليه رايلي Rayleigh وعدله بعدئذ جينز Jeans في حالة التواترات الصغيرة (مع أخذ درجة الحرارة نفسها في القانونين). وبعد أن وفق بلانك بين القانونين بتخمينه لقانون واحد يتضمن الحالتين: بقي عليه إيجاد تبرير فيزيائي رياضياتي له فلم يستطع إلا بإدخال فكرة كموم (كمّ) الفعل (الذي سمي ثابت بلانك).

(*21) إن العنصر الواحد من هذه التي ذكرها هو كموم (كمّ) طاقة وليس كموم فعل؛ أما كموم الفعل فهو ينتج عن كموم الطاقة بتقسيم هذا الكموم على التواتر. وناتج القسمة (أي كموم الفعل) هو ثابت بلانك.

(*22) أي بما ينقله الحس فقط.

(*23) الحقيقة أنه هو الذي أثبت أن الثابت الذي يحمل اسمه الآن هو كموم الفعل ولكنه لم يحاول إيجاد تفسير لذلك، حتى أنه ظل يعتقد أن هزازات الجسم الأسود وحدها هي التي تمتص الطاقة على شكل كموم، في حين أثبت آينشتاين أن إشعاع الطاقة الصادر عن الجسم الأسود، يصدر أيضا على شكل كموم.

(*24) Lloyd George (1863 ـ 1945) سياسي بريطاني عرف بسياسته المغايرة لكل عرف إنج ليزي. وقد فرض الضرائب على الأموال الموروثة مما أثار عليه المحافظين. شكل في 1916 وزارة ائتلافية. كان معارضا للاستعمار، وأعطى إيرلندا حريتها، وقاوم حرب البوير.. ولعل ذلك يفسر توجيه هذا الاتهام إليه.

(*25) تعبير خاطئ أطلقه اليهود على كل من يعاديهم معتبرين أنفسهم ساميين، وغير آبهين إلى أن هذا التعبير يشمل غيرهم ممن يطلق عليهم اسم ساميين، علما أن معظمهم من الخزر وشعوب أخرى اعتنقت الديانة اليهودية.

(*26) أي الثورة التي أرغمت الإمبراطور ولهلم الثاني عام 1918 على التنازل عن عرش ألمانيا والتي جاءت بالاشتراكيين الديمقراطيين إلى الحكم.

(*27) مقال مأخوذ عن الديلي تلغراف The Daily Telegraph (لندن) 27 إبريل 1987.

# 3 حول العلم

## كيف تصبح عالما؟(*1)

هذا الكتاب دليل لدنيا العلم، إنه غني بالحكمة المهذبة والجمل الطريفة والأمثلة المسلية. ويتساءل فيه المؤلف: «كيف لي أن أعرف إن كنت قد خُلقت لأكون عالما؟» ثم يقترح، بعد أن صرف النظر عن الفضول (لأنه يدمّر صاحبه) بأن ما يحتاج إليه العلماء هو شيء لا يبدو فيه «دافع الاستكشاف» اسما ضخما إلى هذا الحد. ولكن ماذا يا ترى عن البهجة والتعجب تجاه صنائع الطبيعة؟ الحقيقة أنه من دون البهجة والتعجب يمكن أن تكونوا من سكوتلنديارد لا علماء. ثم ما الذي يشد الناس أيضا إلى العلم؟ يبدو لي أن هذا الجاذب لا يعدو أن يكون ما كانت تفعله الكنيسة في الأزمنة السابقة، بمعنى أن العلم يوفر الملاذ الآمن، حيث يمكن للمرء أن يقضي فيه حياة هادئة يصنف فيها العناكب (مثلا)، بعيدا عما دعاه ف. م. فورستر(*2). عالم الأخبار السيئة والمثيرة للمشاعر. ويوفر العلم للفقير الطموح طريقا إلى الشهرة وإلى ثروة معقولة دون حاجة إلى رأسمال يبدأ به سوى دماغ جيد وطاقة خارقة.

وفي الإجابة عن السؤال: «حول ماذا سأجري

بحثي؟» ينصح ميداور الشبان بأن يختاروا مسألة مهمة، وأن يتعلموا مهنة البحث على يد عالم ناضج. وقد أسعفني الحظ في أيام شبابي في العثور على الاثنين معا. فقد أسرّ لي البيوكيميائي المتزوج من ابنة عم لي عن أهمية بروتين كريات الدم الحمراء، الهيموغلوبين (خضاب الدم)، كما وجدت في الفيزيائي و. ل براج أبا لي في العلم، فقد علمني الكثير ومنحني اسمه العظيم لأضمن دعم بحثي في سنوات القحط الطويلة التي سبقت حلي لمسألتي في هذا البحث. وهذا الحظ لا يناله الآخرون دائما. وقد أخبرني المؤلف مرة كيف كان عالم الوراثة ج. ب. هالدين يحب الناس كلهم، في حين أن تقني مختبره لم يكن يستطيع الدخول إلى غرفته من دون أن يعرض حياته للخطر... كما هدد عالم من معارفي أحد معاونيه بالطرد لأنه أراد نشر نتيجة تجريبية تثبت نظريتي بدلا من نظريته. وقد كتب البيولوجي الفرنسي أندريه لڤوف «أن فن الباحث هو قبل كل شيء أن يجد لنفسه مشرفا جيدا». وهذا يعني، بالنسبة لي، المشرف الذي يقترح أفكارا جيدة ويساعد طلبته على تقدمهم من دون أن يلقنهم كل شيء أو يسيطر عليهم، والذي يمنحهم تقدير الجماهير لجهودهم، ويساعدهم فيما بعد على أن يقفوا على أقدامهم كعلماء لهم استقلاليتهم. فكيف يمكن للمرء أن يعثر على مشرف كهذا. إن أفضل طريقة هي أن يسأل الطلبة الباحثين الذين سبقوه.

وينصح المؤلف المبتدئين بألا يقضوا الكثير من الوقت في دراسة الكتب وتعلم التقنيات، بل أن يتقدموا بدلا من ذلك في مسألتهم. وهذا يذكرني بشعار فرانسيس كريك المكتوب بالبنط العريض على الحائط خلف منصته «القراءة تفسد العقل». وقد عبر أحد النظريين الشباب من أصدقائنا عن حججه بوضوح أكثر: «إني لا أرى لماذا عليّ أن أقرأ التفاهات اللعينة التي يكتبها الآخرون عندما يمكنني قراءة مقالاتي أنا». ومع ذلك ألاحظ أن العلماء الشبان يميلون إلى قراءة القليل جدا ولا سيما في المواضيع البعيدة نسبيا عن صلب مسألتهم الضيقة.

ويندد المؤلف بالجنسوية(*3) وبالعرقية(*4)؛ إذ كتب: يجب تشجيع النساء، لأن العالم غدا مكانا معقدا لدرجة أنه لا يمكن أن يحافظ على تقدمه من دون ذكاء نصف الجنس البشري ومهارته. إلا أنه أطلق تحذيرات ملحة

للرجال والنساء معا من مغبة الزواج من عالم أو عالمة، ما لم يفهموا جيدا أن كل قرين عالم سيكون تحت سلطة هاجس قوي لا يمكنهم أن يشاركوه فيه، وأن هذا الهاجس يمكن أن يدفع أقرانهم إلى مختبراتهم حتى في صبيحة عيد الميلاد. وأذكر في هذه المناسبة شكاوى زوجة كريك من فترات التأمل والتفكير الطويلة التي لا تفسير لها والتي كان يستغرق فيها زوجها. وفيما يتعلق بالعرقية، يتوقف المؤلف عند العدد اللافت للنظر للعلماء اليهود البارزين، الذين ظهروا في بودابست وفيينا. وكثيرا ما تساءلت هل كان بإمكانهم الوصول إلى مثل هذه المراتب لو لم يُكرهوا على الخروج من الحدود الضيقة، التي حوصروا بها في بلادهم الأصلية ليواجهوا جميع المحفزات والفرص والتحديات في العالم الأوسع؟ ولقد وجدت فيما فعلته جوي أدامسون رمزا له دلالته وذلك في احتفاظها بكلب عندما كانت تعيش في فيينا في الثلاثينيات (ما زلت أحتفظ بصورتيهما معا في مجموعة الصور القديمة لدي)، ولكنها آوت لبؤة عندما هاجرت إلى كينيا. ولم تكن لدي أي فكرة وأنا في عالم فيينا الصغير عن وجود علماء من وزن برنال وبراغ ودافيد كيلن ودوروثي هودجن، فكيف كان بإمكاني إذن أن أحاول حتى محاكاتهم؟ إن ما صنعني هو كمبردج وليس فيينا.

إن أطول فصل في هذا الكتاب هو الذي يتحدث عن الحياة العلمية وعاداتها. وقد أحببت نصائح المؤلف المتعلقة بعدم النظر إلى الأعمال اليدوية على أنها الأدنى، وبألا نتوقع أن يكون باستطاعتنا القيام بعمل تجريبي بـ «إصدار تعليمات لمن هم أدنى منزلة ليسعوا هنا وهناك تنفيذا لأوامرنا». فهو ينظر إلى التجريب على أنه شكل من التفكير. وينصح العلماء بأن يكونوا متواضعين، لأنه «لم يعد من الأمور المسلم بها أن العلم والحضارة يسيران جنبا إلى جنب في المسعى العام لتحسين النوع البشري». ويحذر العلميين من مغبة العودة إلى الادعاء بمعرفة كل شيء، وادعاء الثقافة الواسعة التي لا يمتلكونها، والتباهي بالإلحاد، وأنهم من جنس فوق البشر - يدعوه هو (بسخرية) جنس الإنسان العالم - والعجرفة التي ترى في رفع منزلة البحث النظري[*5] مقابل البحث التطبيقي مسعى أكثر نبلا. ويشرح المؤلف ذلك بقوله إن كلمة «نظري» كانت تستعمل في القرن السابع عشر للعلوم التي تُعرف مسلماتها، لا عن طريق التجربة، وإنما عن طريق الحدس

والإلهام والوضوح الذاتي. وهذا النوع من العالم «النظري» يشعر بأنه أعلى شأنا من ذلك الذي يشرِّح الحيوانات الميتة. وقد استمرت هذه العجرفة أكثر من ثلاثمائة عام. ويستشهد المؤلف بتوماس برات، وهو أحد مؤسسي الجمعية الملكية، الذي كتب عام 1667 «إن أول شيء يجب تحسينه في الأمة الإنجليزية هو صناعتها.. وذلك بالسعي والعمل الدؤوب، وليس بوصفة من الكلمات». ولكن لا شيء قد تبدل (فما أشبه اليوم بالأمس).

كما ينصح المؤلف العلماء بأن يدفعوا عن العمل غائلة الأحكام المسبقة المتمسكة بالقديم، وأن يكونوا متسامحين كرماء مع معاونيهم، ويعاملوا التقنيين معاملتهم للزملاء لا معاملة المرؤوسين: «لا شيء في كون الإنسان عالما يستوجب أو يحتاج إلى أن يصمّ أذنيه عن توسلات الضمير.. وإذا انغمس في بحث تدور حوله شكوك أخلاقية ثم أسف له علنا، فإن هذا الأسف لن يجديه نفعا ولا يصلح ما فات». إن المؤلف شديد جدا فيما يتعلق بالصدق العلمي. فأي تأويل خاطئ لتجربة أو فرضية ما، أمر يمكن تبريره، أما النتيجة التجريبية غير القابلة للتكرار - فهي أمر لا عذر فيه. ذلك أن العلم مثله مثل المسيرات الأخرى في الحياة، يمكن أن تتخذ الغواية والإثم فيه مظاهر مختلفة. ويعرض المؤلف حالة عالم قدم أطروحة لعضوية إحدى كليات أوكسفورد، وفيها نتائج منتحلة من نتائج أحد مقرري هذه العضوية. وهكذا فإن الانتحار العلمي، كما خلد في أغنية توم ليهرر «نيكولاس إيفانوفيتش لوباتشفسكي»، أصبح شائعا لأن الضحية لا تُنصف في معظم الحالات.

ومن نصائح المؤلف للشبان، أن يصوغوا فرضيات، ولكن من دون أن يتشبثوا بها. «إن شدة الاقتناع بصحة فرضية ما ليس له علاقة فيما إذا كانت هذه الفرضية صحيحة أو خاطئة». وقد عرض ڤولتير هذه الحقيقة بصيغة أبلغ من ذلك: «لا يجوز في الواقع التمسك بحماسة شديدة بأي رأي؛ فلا أحد يتمسك بحماسة بأن 7 x 8 = 56 لأن إثبات صحة ذلك أمر ممكن. ولا تلزمنا الحماسة إلا عند عرض رأي مشكوك فيه أو أنه خاطئ بالبرهان». فحين كان أحدهم ينقض قول آينشتاين، كان هذا - كما علمت - يفكر في الأمر، فإذا تبين أنه خطأ كان يبتهج، لأنه يشعر بأنه أفلت من خطأ. ومثل هذا السلوك يحتاج كثيرا إلى ضبط النفس، فغالبا لا يتوصل

الباحث إلى فرضية إلا بعد جهد حثيث وعمل دؤوب في سعيه وراء الحقيقة.

لذا تبرز لدى العلماء نزعة التملك تجاه أسبقيتهم في أعمالهم. فخلال الاثنتين والعشرين سنة التي احتجت إليها لحل بنية الهيموغلوبين، كانت المخاوف تحيق بي في أكثر الأحيان من أن يسبقني أحد إلى الحل. ويحاول المؤلف أن يبين أن للفنانين في ذلك ميزة عن العلماء بحجة أن المسائل التي تواجههم لها أكثر من حل. ولكن على الرغم من هذا التخوف، تظل مناقشة العالم الحرة لأفكاره أفضل دائما من أن يحتفظ بها لنفسه. ويستشهد المؤلف بالقول المأثور: إن من يغلق بابه يفقد أكثر مما يعطي.. وإني استوحش من العلماء الذين يخبرونني بأن علماء آخرين سرقوا أفكارهم: ففضلا عن أنني لم أمنع الناس من سرقة أفكاري، كان عليّ أن ألزّهم إلى أي فكرة جديدة من أفكاري. فحتى العلماء، هم محافظون بصورة لا تصدق.

وقد خصص المؤلف فصلا للحديث عن إلقاء المحاضرات وكتابة المقالات العلمية. ونصح المحاضرين الذين يُغرقون مستمعيهم في النوم «بأن يعزّوا أنفسهم بأنه لا يوجد نوم ينعش المرء بعمق كالنوم الذي يدعونا مورفيوس Morpheus بإلحاح للتمتع به في أثناء المحاضرات». ويضيف المؤلف: «إن معظم العلماء لا يعرفون كيف يكتبون»، لذلك ينصح العلماء الشبان بأن يقرؤوا وأن يدرسوا نماذج جيدة (من الكتابة) وأن يمارسوها؛ ويذكر أن الكتابة الجيدة هي في أكثر الأحيان أكثر اختصارا من الكتابة الرديئة. إضافة إلى أن الكتابة المختصرة لا تنسى، مثل تعليق اللورد بيكون على أحد خصومه السياسيين: «إنه مثل القرد الذي يبدي عورته أكثر كلما صعد أكثر». ويقترح المؤلف نماذج من مختلف الفلاسفة وكتاب المقالات الذين كتبوا أو الذين ما زالوا يكتبون نثرا رائعا - ولكن قد يجد الشاب صعوبة في الاقتداء ببرتراند رسل. وإنني أنصح أحيانا بعض الناس بقراءة مقالات رذرفورد حول النشاط الإشعاعي وبنية الذرة، فقد كانت جميع تجاربه مثمرة، وقدمها من دون تكلف، وبوضوح ومنطق لا يضاهى، ومن دون أن يترك ثغرة يمكن تصورها. ونصيحة أخرى ثمينة (أقدمها للقراء) هي قراءة كتب المؤلف ميداور الأخرى. وقد كتب لي شاب أمريكي مرة أنه يريد قضاء سنة معي «لكي يشارك في كامل العمل في المختبر على المستوى التحادثي»، فوجدت ما يساعدني على تجنب مثل هذا اللف والدوران في كراس يدعى

«الكلمات» كان تشرشل قد طلب إلى السير إرنست جورو أن يعده لكي يعلّم الموظفين المدنيين أسلوبا أفضل في الكتابة.

ويعنف المؤلف الباحث الذي يتهرب من المهمة الصعبة المتمثلة في كتابة بحثه، ولكنه أغفل السبب الحقيقي لهذا الكلل في الهمة والذي يتمثل في أنه قبل صياغة النتائج، فإن مدلولاتها قد لا تكون واضحة في ذهن هذا الباحث. وهذا التفكير العسير هو ما يتملص منه بعض العلماء وليس كلهم. فبراج Bragg كان مثل موزارت الذي ألف افتتاحية زواج فيغارو في ليلة واحدة، فقد اعتاد أن يأخذ مواد المقالة إلى منزله في المساء ليعود بها في صباح اليوم التالي ومعه مخطوطة واضحة نضرة لا ضرورة لتبديل كلمة واحدة فيها.

ويتضمن كتاب «نصيحة إلى عالم شاب» فصولا حول التجريب والاكتشاف، وحول السيرورة العلمية Scientific Process، يلخص فيها المؤلف الفلسفة المعروضة في كتبه الأولى. فقد حاول دائما أن يُعلي من شأن السيرورة العلمية في ذهن الجمهور بالتشديد على طبيعتها التخيلية الانفعالية. وقد كتب في هذا الشأن «إن الحقيقة في الطبيعة ليست في انتظار الإعلان عن نفسها، ولا يمكننا أن نعرف مسبقا أي المشاهدات لها صلة وثيقة بالبحث وأيها لا. فكل اكتشاف وكل توسيع للفهم يبدأ على شكل تصور مسبق تخيلي لما يمكن أن تكون عليه الحقيقة». وهذا تمثيل رومانسي لبعض أنواع النشاط العلمي، كبحث جاك مونو Jacques Monod عن الآلية التي تتحكم في نمو البكتيريا. فقد كتب عنه أحد زملائه الأوائل «لقد تعلمت مع جاك أن الإنسان في العلم يمكن أن يحصل على الإثارة في كل يوم: إما بفرضية جديدة، وإما بالنتائج التي تدعمها، وإما بنتائج تأتي بعد يوم فتقوم الفرضية وتتطلب واحدة جديدة».

وبالمقابل، فقد كان فريدريك سانجر الحائز جائزة نوبل للمرة الثانية في الكيمياء (في عام 1980)، ودوروثي هودجن، المرأة البريطانية الوحيدة الحائزة جائزة نوبل، يتناولان مسائلهما بطريقة مختلفة. فقد بدآ باستطلاع القانون الكيميائي وبنية الأنسولين الثلاثية الأبعاد من دون أي تصور مسبق. والأسوأ من ذلك أنه لم يكن لديهما حتى أدنى فكرة عن الكيفية التي كانا سائرين بها ليكتشفا ما كانا يريدان معرفته. فلم يعمل سانجر على طريقة

بوبر بصياغة فرضيات ثم القيام بتجارب لاختبارها عن طريق الدحض، وإنما ابتكر بدلا من ذلك طرقا كيميائية جديدة قادرة على حل مسائل لم يكن أحد غيره قد تناولها، إذ كان يُظن بأنها تتحدى الحل. ولم يقس سانجر اكتشافاته بالمقارنة مع نماذج معروفة، لأنها افتتحت عوالم جديدة لم توجد فيها نماذج، إذ لم يكن أحد قد فكر بالمورثات المتراكبة قبل أن يجدها. ثم إن عملية الإبداع عملية تخيلية؛ ولكن لا يوجد فيلسوف حتى الآن، كما أعلم، فكر بأنها جديرة بأن يعير تحليلها أي اهتمام، لأن سيرورة العقل الإبداعية مستغلقة.

وقد كتب المؤلف أن التقدم البناء في العلم هو من عمل تخمين تخيلي وأن الأعمال الفذة البطولية في الفكر نادرا ما تدعو الحاجة إليها. ولقد أثبت العمل التخميني التخيلي عدم جدواه بالنسبة إليّ في السنوات الثلاث والثلاثين الأولى من بحثي، إذ لم أستطع أن أخمن كيف يعمل الجزيء إلا بعد أن قمت وزملائي بحل بنية الهيموغلوبين بالتحليل المعتمد على الأشعة السينية (X-ray). فالدراسات الكلاسيكية التي من هذا القبيل: كحلول براج لبنى المعادن الشائعة، أو توضيح السير روبرت روبنسون للصيغ الكيميائية لملونات الزهر، تضمنت بالفعل عملا تخمينيا تخيليا، ولكنها دعمت بتفكير على أعلى مستوى. فقد كانت هذه الأعمال رائعة في حل المعضلات. ولا شك أن أعمال الفكر العظيمة هي الدعائم الحقيقية لكثير من أوجه التقدم العلمي، وليس فحسب في العلوم الفيزيائية.

ويعيدني هذا الحديث إلى المنهج العلمي. فالبحث تبعا لبوبر وميداور، يقوم على صياغة فرضيات تخيلية قابلة للدحض من خلال التجربة. وهما يسميان هذا المنهج: المنهج الافتراضي ـ الاستنتاجي Hypothetico - deductive، ويريان أنه ما من فرضية أبدا يمكن البرهان عليها نهائيا، ولكن يمكن أن تنقضها التجربة أو تعدلها بحيث تصبح بالتدريج أقرب فأقرب إلى الحقيقة. وقد كتب ميداور يقول «إن العالم يسعى وراء الحقيقة، ولكن اليقين التام في غير متناوله». وهذا ينطبق على النظرية النسبية وعلى الميكانيك الكمومي وعلى بعض جوانب علم المناعة، وهو اختصاص ميداور نفسه. ولكنه لا ينطبق على معظم الكيمياء، فبُنى براغ مثلا وصيغ روبنسون ليست مجرد تقريبات للحقيقة خاضعة للمراجعة: بل هي صلبة صلابة الأرض التي

نقف عليها؛ إن أي طالب يشرع في إعادة تعيين البنى الذرية للكلسيت (بلورات كربونات الكالسيوم)، أو للكوارتز (بلورات أكسيد السيليسيوم) أو البريل (الياقوت المصري) (سيليكات البريليوم والألمنيوم)، سيصاب على الأرجح بخيبة أمل. ومع ذلك يجب أن ينتبه العلماء، فكلهم يستهلون مقالاتهم في أكثر الأحيان بطرح فرضية ثم يصفون التجارب التي صممت لإثباتها، مدللين ضمنا على أنهم أغلقوا عقولهم منذ البداية عن إمكان أن تكون فرضيتهم خاطئة.

ويشجع ميداور الشبان على أن يقبلوا على التخصصات العلمية، واصفا العلم بأنه بلا حدود. ولكن إذا كان هذا ما زال صحيحا بالنسبة لعلم المناعة ولبيولوجيا الأورام، فهو مضلل إذا ما عمم على جميع التخصصات؛ فكثير من أقدر الفيزيائيين تحولوا إلى البيوفيزياء أو الفيزياء الفلكية أو فيزياء الأرض (الجيوفيزياء). وهذا بسبب افتقار الفيزياء البحتة إلى مسائل أساسية. ويذهب غير الفيزيائيين في هذا الأمر إلى أنه كان يظن في ثمانينيات القرن الماضي أيضا أن الفيزياء موضوع مغلق، في حين أن النشاط الإشعاعي والنظرية الكمومية والنسبية فتحت عوالم جديدة في السنوات العشرين التالية. وعلى أي حال، يبدو وكأنه ليس هناك عالم بأكمله من الظواهر الفيزيائية قد أفلت من الكشف، مع أنه ما زالت هناك مجالات كثيرة ممكنة للتقدم في الفيزياء التطبيقية في أوسع معانيها. وقد صار من الصعب أيضا إيجاد مسألة مهمة في التخصصات الأخرى لم يسبق لجماعات من الباحثين أن تناولوها في قارات عدة.

فالشبان الذين ينخرطون في العلم الآن يحتاجون في شق طريقهم إلى كفاءة أكبر وتصميم أشد مما كانت عليه الحال في الثلاثينيات، عند مستهل انخراطي والمؤلف في المجال العلمي، نظرا لكثرة المشتغلين بالعلم من جهة، وللتعقيد المذهل الذي بلغته الطرائق العلمية الحديثة من جهة ثانية. حقا إن العلم الجيد ليس حقلا من الورود، ولكن الشاعرية ما زالت موجودة؛ وسعادة الاكتشاف يهون أمامها عناء العمل المضني، واليأس عند الشعور بالتقصير، والصراع في سبيل تأمين الدعم المالي، والانتكاسات والأخطاء والخوف المُثقل من أن يسبقه أحد. ومثل الاكتشاف كمثل الوقوع في الحب والوصول إلى قمة جبل بعد تسلق شاق كليهما معا. إنه نشوة ليس مبعثها المسكرات

وإنما كشف جانب من جوانب الطبيعة لم يسبق لأحد قط أن رآه، والذي يتبين في أكثر الأحيان أنه أكثر رهافة وإثارة وروعة مما يمكن لإنسان أن يتخيله. وهذا الشعور لا يخالج العالم الحقيقي من اكتشافاته وحدها، بل من اكتشافات زملائه أيضا.

ولكن الهاجس الأول عند الدولة والصناعة في دعمهما للبحث، ليس تمويل هذه النشوة المكلفة، بل الأمل في أن يؤدي هذا البحث إلى نتائج مفيدة.

وقد جرى خلال السنوات العشر الماضية نقاش كثير حول نسبة التمويل الذي يجب أن يخصص للبحث الأساسي، وذاك الذي يجب أن يخصص للبحث الموجه لهدف نفعي. فأصبح من الصعب على الشبان أن يقرروا أي الطريقين يجب أن يسلكوا، وخاصة بعد أن أصبح من الأيسر بكثير الحصول على تمويل للبحث الموجه.

أما في المجال الطبي البيولوجي الذي أشترك فيه مع المؤلف، فقد كان الشيء الذي يفتح الطريق نحو البحث الموجه في أكثر الأحيان، هو ظهور نتيجة غير متوقعة من متابعة مسألة أساسية.

ففي بداية الستينيات مثلا، شرع البيوكيميائي الأمريكي باروخ بلومبرج Baruch Blumberg في البحث عن بروتينات جديدة في مصل الدم عند أشخاص مختلفين، لأنه كان يعتقد بأن ظهور بروتين جديد في جماعة معينة من الناس يمكن أن يقدم مفتاحا لطريقة عمل التطور. وفي أحد الأيام، فحص مريضا بالناعور (عدم تخثر الدم) فعثر على بروتين لم يكن قد وجد مثله من قبل. فدفعته نظرياته في التطور إلى التساؤل إن كان دم أشخاص آخرين يبدي رد فعل مناعيا تجاه هذا البروتين. فلم يجد دما يفعل ذلك سوى دم أحد سكان أستراليا الأصليين. ولكن لماذا؟ هنا صمم بلومبرج على إيجاد الجواب. فرحل إلى الدغل الأسترالي لكي يجمع عينات من دم السكان الأصليين، وفحص الآلاف من عينات دم مأخوذة من جميع أنحاء العالم. وبعد ثلاث سنوات من العمل الاستقصائي المكثف، توصل بلومبرج وزملاؤه إلى اكتشاف أن البروتين الغريب في مصل دم المصاب بالناعور ليس سوى فيروس: وهو فيروس التهاب الكبد البائي (من النوع B) الذي طال البحث عنه كثيرا.

كان هذا المرض شائعا بين سكان أستراليا الأصليين، مما جعل دماء الكثيرين منهم تحتوي على مضادات أجسام تقاوم هذا الفيروس. وقد كان التهاب الكبد البائي (من النوع B) ينتقل في كثير من الأحيان عن طريق نقل الدم، إذ لم تكن هناك وسيلة تبين أن المانح حامل للمرض. أما الآن، فبفضل عزل بلومبرج للفيروس، فقد أصبح بإمكان المستشفيات الكشف عنه في الدم الممنوح للنقل، الأمر الذي خفض من حالات الإصابة بالتهاب الكبد البائي. كما فتح بلومبرج باب البحث المؤدي إلى إنتاج مصل مضاد للمرض، فأعطى الآن هذا البحث ثماره. وقد قال بلومبرج: «لم يكن في استطاعتي في البداية أن أضع خطة لبحثي من أجل تحديد سبب التهاب الكبد البائي. فهذه التجربة لا تشجع على مباشرة العمل في البحث القائم حصرا على برامج موجهة نحو هدف معين»[1]، إلا أن حكاية بلومبرج تشجع العلماء الشبان على أن يظلوا يقظين وعيونهم مفتوحة.

وقد كتب المؤلف: «على العالم المخضرم.... أن يستمع دائما إلى صوت يأتيه من بعيد، أشبه بالصوت الذي كان يذكر الإمبراطور الروماني المنتصر بفنائه، إنه صوت يجب أن يذكر العالم الآن كيف يمكن بسهولة أن يكون، بل وعلى الأرجح أن يكون، مخطئا». لقد بدأ أحد أساتذتي، وهو البيولوجي العظيم دافيد كايلن، مسيرته العلمية بدراسة علم الحيوان في باريس. وقد نصحه المشرف على رسالة الدكتوراه بدراسة الأعضاء التناسلية لدودة الأرض. وفي أحد الأيام حمل كايلن إلى أستاذه دودة أتلف أحد الطفيليات أعضاءها التناسلية. فنصح الأستاذ تلميذه كايلن برمي الطفيلي، والمثابرة على العمل بأطروحته.

ولكن كايلن رمى الدودة ودرس الطفيلي، فاكتشف أنه يرقانة ذبابة كانت تضع بيوضها في دودة الأرض. ففقست اليرقانات هناك وأكلت بعدئذ الدودة. وقد حلت هذه الملاحظة معضلة دورة الحياة لتلك الذبابة وفتحت عيني كايلين على سلسلة من الاكتشافات جعلته شهيرا. الأمر الذي يقودني إلى نصيحتي الأخيرة إلى العلماء الشبان: «لا تأخذوا بأي نصيحة ينصحكم بها الأكبر سنا منكم».

وبما أني أصبحت الآن «أنا نفسي أكبر سنا»، فسأترك هذه النصيحة لأحد المناطقة الشبان ليستنتج ما يراه من هذه المفارقة.

## عالم جديد شجاع[*6]

عند عودتي من رحلة إلى المستقبل بآلة الزمن (التي تخيلها) هـ. ج. ولز[*7] وجدت في حافظة أوراقي هذه القصاصة:

**الحاسوب الجديد يقصر دارته بنفسه**

**أسهم شركة MBI تنهار**

لقد حطم پانديت PUNDIT نفسه؛ وپانديت هذا هو أول حاسوب أنتجته شركة MBI من جيل الحواسيب الجديدة التي تبرمج نفسها بنفسها وتنتج نفسها بنفسها. وتبعا لبعض الشهود كان پانديت قد كون رابطة قوية مع ماتريكس MATRIX وهو أحد الحواسيب الأولى التي رافقته. وقد وُجد على قرص (ديسك) نجا من انفجار الغضب، هذه القطعة من قصيدة كان پانديت قد أهداها لماتريكس:

هات خبرني، أنت أيها التاجر البائع هل رأيت
في مدينتك من قبل لوحة مفاتيح بهذا الجمال،
وهذه الحلاوة والرقة في اللمس مثلها
مزينة بلطافة الرموز ووساعة التخزين؟
حروفها.. عاجية البياض
وشاشاتها أشبه بطحلبة لوحتها الشمس بالخضرة
و«رقائقها» تهتز مع كل مليون بتة[*8].

كان كل شيء يسير سيرا حسنا حتى الأسبوع الأخير عندما فصل ماتريكس نفسه عن پانديت وحول رابطته إلى يوكليد EUCLID ومحا من ذاكرته قصائده كلها. وقد ادعى الدكتور سبالانزاني ـ وهو مبرمج أنظمة پانديت ـ أن البرمجيات تضمنت موانع تدمير الذات، ولكن قدرة پانديت على برمجة ذاته مكنته من طمس هذه الضمانات الأمنية.

ترى هل الأمور القادمة على هذا النحو؟ إنها كذلك تقريبا، وهذا تبعا ليوتوبيا فاينبرج العلمية[*9]، حيث الحواسيب تشارك العلماء في تفكيرهم، والأعضاء البشرية الاحتياطية محفوظة على رفوف المستشفيات مثلها مثل قطع غيار السيارات، ومهندسو الوراثة يلوحون بعصيهم السحرية التي تشفي الأمراض الموروثة. إن مثل هذه التكهنات يجري تداولها كثيرا بين الناس، حتى ليمكن للإنسان العادي أن يتساءل: إلى أي مدى يمكن أخذها

بجدية. وقد دفعني كتاب فاينبرج إلى محاولة أن أعرف هل من الممكن التنبؤ بمثل هذه المنجزات للتقدم في ضوء المعرفة العلمية الحالية، وهل هناك منجزات مهمة أخرى غيرها لم يتنبأ بها هذا الكتاب هي الآن قيد الإعداد؟

إن الحواسيب الآن أذكى من الناس في بعض الأوجه وأغبى منهم في أوجه أخرى، غير أن الأمر الأكثر أهمية هو أنها شيء مختلف. فالحواسيب من جهة، أسرع من الدماغ بثلاثة ملايين مرة تقريبا؛ لأن النبضات الكهربائية تسير عبر الأعصاب بسرعة 100 متر في الثانية، في حين أنها تسير عبر الأسلاك بسرعة تقارب 300 ألف كيلو متر في الثانية(*10). ثم إن سعة ذاكرة الحواسيب خارقة، إذ يمكن أن تُهيأ لتناول أي معلومة، وآنيا تقريبا، من أقراص (ديسكات) وأشرطة مغنطيسية مرافقة كثيرة إضافة إلى آلاف ملايين الأعداد المخزنة في ذاكرتها الخاصة بها. وهذا ما يتيح للحواسيب أن تستذكر جداول المواعيد، وحجوزات المسافرين على جميع الخطوط الجوية في العالم، وتقدم أي قسم من هذه المعلومات مباشرة (تقريبا) بمجرد ضغط عدد صغير من الأزرار، هو أمر لا يستطيع أي دماغ إنساني أن يفعله.

ولكن مهارات الأدمغة البشرية، من جهة أخرى، أكثر تعددا، وذلك لأسباب قد لا تكون كلها مكتشفة. وإليكم الآن بعضا مما اكتشف منها. ففي الحاسوب يعمل كل مفتاح تحويل على طريقة (يعمل ـ لا يعمل on - off)، ويكون مرتبطا عادة بثلاثة مفاتيح أخرى فقط؛ في حين أن كل خلية من العشرة بلايين خلية عصبية الموجودة في الدماغ يمكن أن ترتبط بأكثر من ألف خلية أخرى. ولا تتم عملية الارتباط بإرسال تيار كهربائي وإنما بإرسال شحنة كهركيميائية من نوع خاص. والاتصالات في الدماغ هي بصورة رئيسية على نوعين. ولكن فعلها يتكيف بطرق متعددة ومن خلال ما لا يقل عن أربعين مركبا آخر تفرزها أقسام مختلفة من الدماغ. ومن ذلك مثلا مسكنات الألم الطبيعية المدعوة إنكيفالينز enkephalins التي تمنع إشارات الألم الآتية من الأعصاب المحيطية من الوصول إلى وعينا. وقد توصلت من تجربتي الخاصة إلى الاعتقاد بأن تحريرها ينطلق بوساطة الضحك.

وفي حين تتولد ذاكرة الحاسوب بمغنطة مناطق صغيرة من معدن معين،

يتطلب تعلم الدماغ تركيبا كيميائيا، وذلك ربما لتحقيق ارتباطات عصبية جديدة. وتعمل الحواسيب بالطاقة الكهربائية، في حين يعمل الدماغ بالطاقة الكيميائية. وإذا جُرّد الحاسوب من التيار الكهربائي، أمكنه العودة للعمل (متى شئنا)، أما إذا جرد الدماغ من الأكسجين لأكثر من لحظات قليلة فإنه يموت. وخلاصة القول، إن الحواسيب آلات كهرمغنطيسية ذات وصلات سلكية ثابتة بين الكثير أو القليل من العناصر المترابطة خطيا (أي بطريقة مباشرة محدودة)، في حين أن الأدمغة أعضاء كهركيميائية ديناميكية ذات ارتباطات واسعة التفرع وقادرة باستمرار على توليد جزيئات جديدة لاستخدامها كمرسلات ومستقبلات ومكيفات، وربما أيضا لتوليد ارتباطات جديدة.

وعلى الرغم من هذه التمايزات الأساسية (بين الحواسيب والأدمغة)، فقد اجتذبت محاكاة الفعاليات العقلية المعروفة باسم الذكاء الاصطناعي Artificial intelligence (أو AI) بعضا من خيرة علماء الرياضيات في العالم. وقد وجدوا أنه بالإمكان محاكاة فعاليات معقدة مثل لعب الشطرنج، ولكن من الصعب محاكاة الرؤية في الأبعاد الثلاثة؛ فكأن التقاط الضفدع لذبابة في الهواء، يحتاج إلى ذكاء أكثر مما يحتاج إليه لاعب شطرنج لكي يربح دورا مع كاربوف[*11]. وقد تبين أيضا أن ترجمة اللغات صعبة؛ ولكن يقال الآن إنه بعد جهد استغرق خمسة وعشرين عاما، أمكن تحصيل تقدم بلغ مرحلة يمكن للحاسوب فيها أن يلتقط ما يقرب من 90 في المئة من المعنى الصحيح.

وتصنع الحواسيب الحالية من «رقائق» Chips سيليكونية تحتوي على محولات فردية أو عناصر صغيرة تبلغ قرابة جزء من ألف من المليمتر. ويمكن أن تحوي الرقيقة الواحدة أكثر من مليون من هذه المحولات. ويتنبأ فاينبرج بأن عناصر الحاسوب الفردية ستستمر في التضاؤل إلى أن تصبح متجمعة ومتراصة كالذرات في جسم صلب، مكونة بذلك حواسيب أكثر فعالية من حواسيب اليوم بملايين المرات. وقد أعاد النظر في هذه الاحتمالات المستقبلية كل من ر. س. هادون. و أ. لامولا، وهما باحثان في مختبرات AT & T Bell، في نيوجيرسي[2]. ويرى هذان الباحثان أن التقدمات التقنية الراهنة يمكن أن تتيح عما قريب صنع رقائق تكون العناصر الفردية

المتوضعة عليها أصغر بمئة مرة مما هي عليه حاليا، وتوفر الرقيقة الواحدة أكثر من 10 بلايين بتة[*12] ذاكرة. ومع ذلك سيظل كل عنصر من هذه العناصر أكبر بـ10 آلاف مرة من الذرات أو الجزيئات التي يرى فاينبرج أنها العناصر النهائية للحواسيب.

كما بين هذان الباحثان أنه لا توجد في حقيقة الأمر، في المدى المنظور، كيمياء لصنع الجزيئات ـ ناهيك عن الذرات ـ يكون عملها هو عمل المحولات أو عمل الأسلاك الموصلة. وحتى لو تم هذا الأمر، سيظل علينا إيجاد طريقة لتنضيد هذه المحولات الجزيئية وتوجيهها وقراءتها إفراديا، وكذلك تجنب قفز الإشارات الكهربائية فيما بينها. ويخلص الباحثان إلى أن ما نجهله ليس فحسب تقنيات بناء مثل هذه الآلات الإلكترونية الجزيئية، بل نجهل أيضا مبادئها العلمية الأساسية. ولكنهما لا يذكران أجهزة إلكترونية تستخدم ذرات مفردة، ففي علمي أن الذرات المفردة ليس لها خواص يمكن أن تتيح لها أن تُستخدم كمحولات أو مخازن ذاكرة.

ثم إن الحس السليم يقول لنا إن عمل دماغ الإنسان لا يقتصر على حل حل المشكلات ومعالجة المعلومات، لأن الشعور يعني الفردية والتخيل وحب الجمال والدموع والضحك والرقة والعنف والبطولة والجبن والصدق والكذب، وروح الدعابة (على الرغم من افتقادها في أكثر الأحيان)، والموهبة الفنية في بعض الحالات. كما أن العظمة في الفن والشعر تصحبها خصوصية معينة، وإثارة للذكريات والعواطف، وطريقة غير معقولة في أكثر الأحيان في النظر إلى العالم والتعبير عن هذه النظرة، كما هو الحال في رسوم جوجان في تاهيتي، أو قصيدة كولردج «البحار القديم». وكان بول كلي P. Klee يعتقد أن الفنان يجعل الأشياء غير المرئية مرئية. وقد عبر كاتب إيرلندي، هو جورج مور، عن تميز الفن أحسن تعبير حين قال: الفن ليس رياضيات بل هو فردية. ولكن خبراء الذكاء الاصطناعي هم على الرغم من ذلك، ألمعيون في جدلهم وقادرون على طمس أي تمايز بين الآدميين والحواسيب يمكن للإنسان العادي أن يبرزه[*13]. فعلى سبيل المثال ابتكر الفقيد تورينج[*14] لعبة سؤال وجواب بين شخص وحاسوب: A وB في غرفة، وشخص C في غرفة أخرى ويتم الاتصال بين الغرفتين بوساطة آلة طابعة عن بعد «teletype»[*15]، وعلى C أن يحاول اكتشاف أي من A وB هو

حاسوب، ولكن الحاسوب مبرمج بحيث يحاول إحباط مسعى C في اكتشافه. وعندما يطلب C إلى B أن يكتب قصيدة من نوع السونيت «Sonnet»، يجيبه الحاسوب بكل منطق سليم «أنا لم أحسن كتابة الشعر قط».

هل سيأتي زمن تكتسب فيه الحواسيب شعورا؟ لقد اكتشف الفيزيولوجيون أين تعالج الصور التي تتلقاها شبكية العين وكيف تُعالج لكي تعطي الإحساس بجسم متحرك، كما حددوا مناطق الدماغ التي هي مراكز الكلام والسمع والوظائف الأخرى؛ ولكن طبيعة الشعور الفيزيائية أو الكيميائية استعصت عليهم. وأذكر حين كنت تلميذا في المدرسة، أن لغز الثقالة Gravity قد حيرني، وعندما وصلت إلى الجامعة، كنت أتابع بشوق محاضرات الفيزياء آملا أن أفهم ما هي الثقالة حقا. ولكن خاب أملي حين علموني فقط أن الثقالة هي على ما هي عليه: قوة تجاذب بين الأجسام تجعل التفاحة تسقط بتسارع قدره 10 أمتار (تقريبا) في الثانية. ولربما كان الشعور شيئا من هذا القبيل، وقد لا نضيف أكثر من التأكيد أنه هو على ما هو عليه: خاصية في الدماغ تجعلنا واعين (أي على معرفة مباشرة) لأنفسنا وللعالم المحيط بنا، إنه حزمة من الضوء موجهة نحو الخارج، كما يقول الدكتور زيفاجو في قصة بوريس باسترناك. وكان أستاذ الفيزياء في كامبردج، بريان ببارد، يرى أن الشعور يمكن أن يكون قد انبثق فجأة في أثناء التطور عندما بلغ الدماغ درجة معينة من التعقيد. ولكني أشك في وجود أي تمايزات حادة بين الحيوانات التي تمتلك الشعور وتلك التي لا تمتلكه. وأغلب الظن أن الشعور كان يصل إلى درجات متزايدة من التعقيد كلما ارتفعت الحيوانات في سلم التطور. أما السؤال: «هل سيأتي زمن يمكن فيه محاكاة الشعور بوساطة آلة»، فسيظل بلا جواب ما دمنا لا نعرف طبيعة الشعور الفيزيائية.

ترى هل ستكون الحواسيب قادرة على قراءة أفكارنا كما يتنبأ فاينبرج؟ إنها غير قادرة في الوقت الراهن حتى على قراءة خط اليد. ولن تكون قراءة الأفكار ممكنة إلا إذا أصدرت النبضات العصبية إشارات كهرمغنطيسية يمكن الكشف عنها على سطح الجمجمة أو فيما بعده. ولكن تردد (تواتر) نبضات الأعصاب في الواقع أخفض من الترددات الراديوية القابلة للاكتشاف بأكثر من مئة مرة، الأمر الذي يعني أن نبضات الأعصاب،

تبلغ أطوال موجاتها مئات الكيلومترات. ولما كان من غير الممكن للموجات الكهرمغنطيسية أن تميز أشياء أصغر من نصف طول موجتها تقريبا، فإن الموجات التي يصدرها الدماغ لا يمكنها، حتى ولو كان بالإمكان كشفها، أن تميز الألياف العصبية الأصغر من 50 كيلومترا. حقا إنه من الممكن كشف نشاط الدماغ بوضع إلكترونات على الجمجمة، ولكن هذا النشاط يميز فقط بين حالات عامة كاليقظة والنوم مثلا. والحقيقة أن الأعصاب الإفرادية معزول أحدها عن الآخر، بمادة عازلة تسمى الغمد، ولا يمكن مراقبتها إلا بزرع مجموعة كبيرة من الإلكترونيات الصغيرة في الدماغ خلال ثقوب محفورة في الجمجمة، مثلما فعل دافيد هوبل وتورستن فيزل في هارفارد في تجاربهما على القرود لدراسة مراحل سير المعلومات البصرية. ولست متأكدا: هل يريد المتحمسون للذكاء الاصطناعي أن يربطوا أنفسهم عن طيب خاطر بأسلاك إلى حواسيبهم بهذه الطريقة؛ ولكن كيف يمكن لحواسيبهم عندئذ، حتى وإن تطوعوا لفعل ذلك، أن تكون قادرة على تأويل الإشارات التي تتلقاها.

وتذكرني الصعوبة في تنشئة متطوعين من هذا القبيل، بقصاصة أخرى عدت بها من رحلتي على متن آلة ولز للزمن:

**مصارع ممتاز يقاضي ابن ثمانين متزوجا حديثا**

وجه أ. جوردون، المصارع السابق الحامل للجائزة الأولى في المصارعة، اتهامات بالخديعة أمام محكمة بروكلن ضد السمسار ف. ستيل، البالغ من العمر 83 عاما. فقد ادعى أن ستيل كان قد عرض عليه مبلغ 5 آلاف دولار مقابل إحدى غدتيه التناسليتين. ولكنه حين استرد وعيه من التخدير لم يجد سوى 1000 دولار. وقد نفى ستيل أنه كان قد عرض أكثر من ذلك على جوردون.

ولكن ستيل لن يواجه في عالم فاينبرج الجديد مشكلة أخرى سوى أبوته لأولاده، أما في الوقت الراهن فستدمر خلايا ستيل البيضاء الطعم (الآتي من جوردون) إلا إذا تناول عقاقير كابتة للمناعة طوال ما تبقى له من العمر. ولا توجد في المدى المنظور وسيلة أخرى لتفادي رفض الطعم. ولكن الجراحين يأملون بأن تحل هذه المشكلة يوما ما، وهم يخشون أن يؤدي هذا التطور إلى خلق سوق سوداء للأعضاء كالذي يوجد حاليا في الهند، حيث

يقال إن الكلية تكلف 4 آلاف دولار. وقد أصبح زرع الكلية الآن شائعا. (أجريت حتى إعداد هذا الكتاب خمسون ألف عملية زرع كلية)، كما أن النجاح في زراعة القلب والقلب مع الرئة (في حال القلب الرئوي) آخذ بالتزايد، وكذلك بدأت زراعة البنكرياس بالنسبة للمصابين بالبول السكري الشديد. وتؤخذ جميع هذه الأعضاء من جثث الموتى، ولا يمكن الاحتفاظ بها في المستشفيات لحين الطلب، لأنها لا تظل حية بعد انتزاعها أكثر من ساعات قليلة.

لو أريد للأعضاء القابلة للزرع أن تكون متاحة لتلبية أي طلب، لوجب أن يصار إلى تنميتها من خلايا منفردة بطريقة الاستنساخ[*16]. فما هي الآمال في أن يحدث ذلك؟ لقد اكتشف عالم النبات الإنجليزي فريدريك ستوارت من جهة، كيف ينمي نبتات جزر من خلايا منفردة انتزعت من نبتة مكتملة النمو. وأثبت عالم الحيوان الإنجليزي جون جوردون) أن شرغوف الضفدع يمكن أن ينمو من بيضة استبدل بنواتها نواة خلية جلدية ناضجة (من الحيوان نفسه طبعا). وقد أثبتت هذه التجارب أن معظم خلايا الجسم تحوي جميع المعلومات الوراثية اللازمة لنمو النبتة كلها أو الحيوان كله. وبهذا مُهد الطريق لاستنساخ متعضيات متطابقة من حيث المورثات. ومن جهة أخرى، على الرغم من أن نواة خلية من خلايا الكبد يمكن أن تتيح للبيضة عندما تنتقل إليها أن تنمو لتكون شرغوفا[*17]، فإن خلية معزولة من خلايا الكبد لا تنمو لتكوّن كبدا جديدة. كما لا يمكن أن تنمو خلية معزولة من خلايا القلب لتكون قلبا جديدا: فمثل هذه الخلايا لا تنمو عادة في أطباق المزارع إلا إذا أخذت طريقها مسبقا نحو الخباثة[*18]، وعندئذ تنمو على شكل طبقات من خلايا إفرادية، وليس على شكل عضو كامل.

إن الخلايا الوحيدة غير الخبيثة التي تم زرعها في مزارع خلوية بنجاح هي خلايا الجلد التي استعملت لتغطية الجروح المحروقة. ومنذ خمسين عاما كانت الجروح الخطيرة تعتبر مميتة إذا غطت أكثر من ثلث الجلد. أما حديثا، فقد انتزع هوارد جرين وزملاؤه في بوسطن قطعا ضئيلة من الجلد السليم من مرضى أصيبوا بحروق خطيرة، ونموها في مزارع خاصة إلى أن بلغت مساحتها أكبر خمسين ألف ضعف مساحتها الأصيلة. وفي السنة الماضية، أنقذوا حياة طفلين غطت جروحهم المحروقة أكثر من 95 بالمئة من

جلدهم. فأتى نصف جلدهم الجديد من قطع نميت في مزارع الخلايا. على أن هذه الطريقة لا تنجح حتى الآن إلا إذا استنبتت أجزاء من جلد المريض نفسه، لأن الجلد الغريب، في حال غياب العقاقير الكابتة للمناعة، يرفضه الجسم بشدة أكثر حتى من رفضه للطعوم الأخرى كالكلى والقلوب. ويخشى الكثير من الناس أن تجعل اكتشافات ستيوارد وجوردون استنساخ الأشخاص أمرا ممكنا يوما ما. ولكن، حتى الآن، لم يتم بنجاح سوى استنساخ (أو استنسال) النباتات والبرمائيات[*19] وأخفق البيولوجيون في محاولات استنساخ الفئران إلا بطريقة غير مباشرة هي طريقة بياتريس منتز Biatrice Mintz (انظر دراسة «هل العلم ضروري؟») ويقترح البرلمان الألماني جعل محاولات استنساخ الأشخاص جريمة جنائية.

وبشكل رئيسي فإن فاينبرج لا ينظر إلى المستقبل إلا كنظرته إلى مجموعة من الصعوبات التقانية في الولايات المتحدة، فهو لا ينظر كيف يمكن للعلم أن يبعد الفقر والجهل والمرض عن بقية العالم، وهذا بكل تأكيد هو التحدي الأكبر الذي يواجهنا. كما لم يوجه أسئلته بالصورة المناسبة حول المستقبل الذي يعنينا نحن في العالم الغربي، حيث تنتهي حياة العاملين البالغين قبل أوانها في أكثر الأحيان، نتيجة للأمراض الوعائية القلبية والسرطان وحوادث المرور. فهذه المسائل هي التي حاولت أن أطرحها في أولى مقالاتي في هذا الكتاب. ولو كان عليّ أن أخطط ليوتوبيا علمية، لحاولت أن أجنب الناس حوادث الطرق بتجهيز جميع السيارات بحواسيب صغيرة يمكن أن تقودها بأمان إلى غاياتها وبالسرعات المراقبة علانية، وهذا تدبير سيغطي تكاليفه بنفسه من الوفر الهائل في تكاليف التأمين الطبي والاجتماعي.

وقد خصص فاينبرج جزءا من كتابه لمفاهيم الكوسمولوجيا[*20] الحديثة. إلا أنه لا يتكهن برحلات منظمة إلى حافة الثقوب السوداء ولا يدافع عن استعمار الفضاء كما فعل فريمان دايسون في كتابه: تشويش الفضاء[3]. إن مثل هذه التخيلات يمكن أن تصبح ممكنة علميا، ولكني أشك في أن يرغب، حتى سكان المدن، الذين ألفوا أن ينتقلوا من منازلهم المحكمة الإغلاق إلى مكاتبهم المحكمة الإغلاق في سياراتهم المحكمة الإغلاق، في العيش بالفضاء حيث لا يستطيعون أبدا أن يتنفسوا الهواء المنعش أو يروا الأشجار أو يسمعوا الطيور وهم ينظرون خلال قمرات مركبتهم.

ولكني وجدت الفصول التي عالج فيها فاينبرج ولادة المادة وطبيعتها عسيرة على الفهم. فالفقرة التالية على سبيل المثال بدت لي كأنها بلا معنى:

«إن ما يبدو من انكسار في تناظر خواص الجسيمات هو نتيجة لوجود انكسار في تناظر الحقل الكمومي الذي يحكمها. ويعتقد العلماء بأن المعادلات التي تصف الحقول الكمومية هي معادلات متناظرة، إذ توجد علاقات رياضياتية بسيطة بين المعادلات التي تصف الحقول المختلفة، من ذلك مثلا العلاقات بين المعادلات المتعلقة بالكواركات وتلك المتعلقة بالإلكترونيات. على أن الفيزيائيين تحققوا على مدى السنوات العشرين الماضية من أن العديد من هذه المعادلات لها حلول غير متناظرة. وهذه الحلول هي تلك الموافقة لسويات الحقل الحكمومي الوسيطة في منطقة معينة من الفضاء تختلف من حقل إلى آخر.

وحين يتحقق هذا الوضع في إحدى المناطق، يقال عندئذ إن تناظر هذه الحقول مكسور. لأن هذه القيم الوسطى للحقل تؤثر في خواص الجسيمات الموجودة في المنطقة، أيا كانت هذه الجسيمات. كما أن هذه الجسيمات يمكن أن يلاحظ أنها مختلفة، على الرغم من أنها توصف بمعادلات متشابهة».

وهكذا تجشمت عناء طريقي خلال نثر فاينبرج، في حين أني تمتعت بكل صفحة من كتاب حديث العهد يتناول الموضوع ذاته لستيف واينبرج هو «اكتشاف الجسيمات تحت الذرية»[4]. لأن واينبرج يجعل قارئه يشارك أناسا من لحم ودم في مغامراتهم العلمية المثيرة. ويسائل نفسه في كل جملة: هل تحمل هذه الجملة بالنسبة لي أي معنى لو كانت جديدة علي؟ وقد قال روبرت جريفس مرة: «على الكاتب أن يشق طريقه والقارئ فوق رأسه يراقبه».

إن تكهنات فاينبرج العفوية حول مستقبل العلم، هي مجرد استقراء بسيط لمسار تقدمه الحالي، ولكنها دخلت في غمامات الخيال العلمي. وأنا أعتقد أن العلماء الذين يكتبون لجمهور عام عليهم أن يبقوا أقدامهم على الأرض، لأنهم من دون ذلك يدمرون مصداقيتهم. ثم إن العقل البشري شيء غير الحاسوب، لذلك نادرا ما سار التقدم العلمي سيرا في اتجاه مباشر

مستقيم. وكل تقدم عظيم، كان يظهر فجأة من زاوية لم يكن يتوقع وجوده فيها.

### أشغال الطبيعة غير المتقنة(*21)

يتضمن كتاب جاكوب ثلاث محاضرات: «الأسطورة والعلم»، و«أشغال التطور الخرقاء» و«الزمن وابتكار المستقبل». تبدأ محاضرته الأولى بالحديث بأسلوب فرنسي حقيقي عن معنى الجنس وكيف نشأ؟ وكنت أعتقد من قبل أنه نبت من ضلع آدم، وإذا بي أتعلم من كتاب جاكوب أن أرستوفان اقترح في ندوة أفلاطون أن الجنس خلق بالأحرى من انشطار خناث. وتبعا للندوة، كانت هذه المخلوقات المكورة (الخناث) مزودة برأس ذي وجهين، وأربع أقدام، وأربع أيدي، ومجموعتين من العورات. وقد بدأت قوتها وجرأتها تشغل زيوس (كبير الآلهة اليونانية) الذي أمر أپولو بقطعها إلى نصفين «كما تُقطع البيضة بشعرة حصان». وقد كتب جاكوب أن هذا يفسر لماذا كان التكاثر في جسم الإنسان هو الوظيفة الوحيدة التي تتم بعضو يحمل كل فرد منه نصفا فقط، بحيث يبدد هو أو هي قدرا كبيرا من الوقت والجهد لإيجاد النصف الآخر.

والواقع أن منشأ الجنس غير معروف؛ ومع ذلك، فقد اكتشف وليم هايس للجنس شكلا بدائيا في بكتيريا الكولون المتواضعة. وكان أول من حدد الغرض البيولوجي من الجنس هو البيولوجي الألماني أوغست وايسمان، وذلك قبل ما يقرب من مئة سنة، ولكن بشكل تقريبي وليس صحيحا كل الصحة، إذ قال: لقد تطور الجنس «لكي ينتج فروقا فردية يخلق الاصطفاء (الانتخاب) الطبيعي عن طريقها أنواعا جديدة»[5]. ففي التكاثر الجنسي يعاد خلط المورثات الأبوية مرتين: مرة في إنتاج خلايا البذرة (الحيوان المنوي والبويضة) وأخرى في إخصاب البويضة. فتكون النتيجة أن تحمل كل ذرية تشكيلة جديدة من مورثات الأبوين. وقد كتب جاكوب: «إن كل طفل يولد من زوجين معينين هو نتيجة اصطفاء عشوائي لمورثاتهما»، وهكذا يؤدي الجنس إلى التنوع الذي يفسح مجالا لهامش من الضمان ضد عاديات المحيط (البيئة). ولكن وايسمان أغفل الطفرة بصفتها عاملا مهما؛ إذ لا تتطور جماعة من المورثات إلا عندما يرتبط التكاثر الجنسي بالطفرة

العشوائية والاصطفاء الطبيعي، وعندئذ تتطور بسرعة أكبر في حالة الجنس مما في حالة اللاجنس.

وقد كتب جاكوب أن معظم البيولوجيين يعتقدون اليوم بالداروينية، ولكن هذا لا ينطبق على الرجل العادي. فعندما نشر جاك مونو محاضراته «المصادفة والضرورة»[*22]، مرسيا بذلك الأسس الجزيئية للتطور عن طريق الطفرة الاعتباطية والاصطفاء الطبيعي، صدم المثقفين الأوروبيين: لأنهم لم يستطيعوا التسليم بأن الحياة كانت قد تطورت بالمصادفة وليس بالتصميم الهادف. فقد كانوا، حتى من كان منهم لا يؤمن بخالق، يفضلون نظرية لامارك Lamark التعلُّمية[*23] القائلة بالتطور عن طريق وراثة الطبائع المكتسبة. وقد عارض جاكوب ذلك، حيث كتب: «إن كل تجربة خُطط لها لكي تختبر التعلُّمية الوراثية (أي اللاماركية)، وصممت بكل عناية ثم نفذت بكل دقة، أثبتت أن هذه النظرية خاطئة... ولا توجد آلية جزيئية تتيح للدروس المكتسبة من المحيط أن تنطبع على الدنا DNA مباشرة، أي بغنى عن طريق الاصطفاء الطبيعي الملتوي، لا لأن هذه الآلية مستحيلة نظريا، بل ببساطة لأنها غير موجودة». وبالمثل فإن أي تجربة تزرع الوهم بأنها ستبرهن على وراثة الصفات المكتسبة ستهلل لها وسائل الإعلام باعتبارها لطمة مستحقة عن جدارة للمؤسسة العلمية المتغطرسة. فتجارب ر. م. جورزنسكي وإ. ج. ستيل التي كان يفترض أنها ستبرهن على انتقال المناعة المكتسبة عند آباء عوائل من الفئران إلى ذراريها، رحبت بها الصحافة والتلفزيون وكأنها انتصار. في حين أن فشل السير پيتر ميداور وزملائه في الحصول مرة ثانية على نتائج جورزنسكي وستيل مرت بصمت ودون ضجيج.

إن مثل هذه التجارب لا تنفذ بمجرد الهلوسات والحيل. ففي الخمسينيات نشر السير سيريل هنشلوود الحائز جائزة نوبل ورئيس الجمعية الملكية وأستاذ الكيمياء الفيزيائية في أكسفورد، مجموعة مقالات جاء فيها أن التكيف الغذائي عند الجراثيم يتم بوراثة الصفات المكتسبة. ولكن لم يصدقه أي بيولوجي، فقد أعمته أفكاره المسبقة عن المعنى الحقيقي لمشاهداته ـ الذي وضحه أخيرا جاكوب ومونو[*24].

وكثيرا ما قيل إن الداروينية لا تعدو كونها فرضية مفيدة وأنها لم تثبت قط. ولكن هذا القول لم يعد صحيحا. ففي لقاء تم مؤخرا في كامبردج

لإحياء الذكرى المئوية لوفاة دارون، عرض مانفريد آيجن (وهو عالم ألماني كبير بالكيمياء الفيزيائية) منظومة من حمض نووي وبروتين، بين أنها تتطور في أنبوب الاختبار عن طريق طفرة اعتباطية واصطفاء طبيعي، وأن تطورها يتفق مع توقعات قوانين رياضية صارمة مثلها مثل قوانين نيوتين للثقالة (الجاذبية الأرضية). كما روت لنا باتريشيا كلارك (من اليونفرستي كولج في لندن) كيف تتعلم بعض الجراثيم أن تتغذى حتى بأغرب المركبات التي ركبها بعض علماء الكيمياء العضوية، وأثبتت أن ذلك كله حدث بطفرة عشوائية واصطفاء طبيعي. وقد بينتُ في بحثي: «داروين، پوپر، والتطور»(ص 173) أن الثالاسيميا والأنيميا (فقر الدم) الناجم عن خلايا منجلية هما حالتان من حالات التطور الدارويني عند الإنسان ظهرتا في زمن حديث العهد نسبيا؛ كما وفرتا مثالا واضحا على اعتراف دارون بأن الاصطفاء الطبيعي يقوم بعمله تبعا لنوعية البيئة.

لقد حدث التطور! وهذا ما نعرفه، ونعرف أيضا كم استغرق من الوقت، ولكن ليس لدينا سوى فكرة بسيطة عن الطريقة التي حدث بها. هل كانت أشكال الحياة البدائية مكونة من جزيئات بدائية ثم تكامل تطورها لتبني أشكالا أكثر تعقيدا؟ لقد اكتشف علماء البيولوجيا الجزيئية أن الأمر على خلاف ذلك، أي أن جميع المتعضيات الحية اليوم تستخدم أنواع الجزيئات البروتينية نفسها في وظائف كيميائية متماثلة. و«ما يصح على البكتريا الكولونية يصح أيضا على الفيل»، وكان هذا من شعارات مونو. فقد لا نصدق أن الجزيئات البروتينية، حتى في أكثر المتعضيات بدائية، هي جزيئات معقدة مكونة من آلاف الذرات المنسوجة على شكل أبنية ثلاثية الأبعاد مرتبة بكل دقة. ولا يمكنني أن أصفها بتشبيهها بأي صورة مألوفة، إذ لا يوجد ما يُشبهها في العالم المنظور (الماكروسكوبي). فكيف نشأت إذا؟ يقارن جاكوب علماء اليوم في البيولوجيا الجزيئية بعلماء التشريح في عصر النهضة، الذين كانوا أول من قام بتشريح الجسم البشري ووصف أعضاءه الفائقة التعقيد: «وكان علماء التشريح في القرن السادس عشر يستشهدون بالإرادة الإلهية ليضفوا العقلانية على البنى المعقدة التي تتكشف تحت مبضعهم. أما بيولوجيو القرن العشرين فعليهم أن يستشهدوا بالاصطفاء الطبيعي لكي يضفوا العقلانية على ما يكشفه لهم تحليل

البروتينات بالأشعة السينية. ونحن في الحالين نواجه النتائج النهائية لثلاثة بلايين سنة من التطور فلا يمكننا تخمين بداياتها.

ومن الأمور التي يصعب أيضا تحليلها، تطور أشكال من السلوك المتأصل الحميم، ولا سيما ذاك الذي نشاهده عند الأنواع المختلفة المتكافلة. ونخص بالذكر شكلا آسرا من التكافل اكتشف في صحراء أفريقيا الشرقية بين نوع من اللبونات هو النمس mongoose ونوع من الطيور يدعى البوقير (أبو قرن) hornbill (المعروف بضخامة منقاره). فالنوعان يسطوان معا على الحشرات والزواحف واللبونات الصغيرة والطيور الصغيرة، وهما بدورهما يصبحان فريسة للطيور الجارحة. وفي الليل تحتمي النموس في تلال النمل الأبيض، وتحتمي البوقيرات في الشجر. وعندما تذهب النموس بحثا عن الفرائس، ترافقها البوقيرات خطوة فخطوة وتلتقط الجنادب والحشرات الأخرى التي تفزعها النموس، والتي كان من الممكن بغير ذلك أن تفلت من ملاحظتها. ويمكن للبوقيرات أن تنتزع من النموس فرائس أكبر من ذلك، ولكنها لا تذهب وحدها للقنص، بل إنها تنتظر بدلا من ذلك إلى الصباح حتى تظهر النموس في تلال النمل الأبيض. وفي البدء يظهر نمس حارس، فإذا لم يطلق أي إنذار (أو تحذير)، تخرج النموس الأخرى من مخابئها، ولكنها لا تنطلق مباشرة إلى القنص، بل تمضي نصف ساعة أو نحوها وهي تستعد، وتستمتع بحمام شمسي وتلعب. وإذا تكاسلت لفترة طويلة، تبدأ البوقيرات بملاحقتها وإزعاجها لكي تدفعها إلى البدء. وإذا أطالت النموس النوم، توقظها البوقيرات بصرخات «ووك» متكررة تحت ممرات التهوية في تلة النمل الأبيض، مما يحث النموس على الظهور. وإذا لم توجد بوقيرات في الجوار، تؤخر النموس البدء بقنصها، وما أن تبدأ رحلة القنص حتى تحذر البوقيرات النموس من الطيور الجارحة، فتركض النموس مستجيبة لهذا التحذير للاحتماء. ولا تكتفي البوقيرات بتحذير النموس من الطيور التي تقتنصها معها فحسب، بل تحذرها أيضا من الطيور التي تترك البوقيرات وشأنها، كما لا تحذر النموس من الطيور التي لا تفترس أيا من النوعين. وتسطو البوقيرات على أي لبون صغير يمكن أن تجده، ولكنها لا تمس صغار النموس. وإذا لم توجد بوقيرات في الجوار، تحرك النموس خفراءها إلى الأمام وإلى الخلف معا لتحذرها من القناصة.

ولكنها تخفف العدد في واجب الحراسة بنسبة عدد البوقيرات المرافقة.

إن هذا التعاون المتقن يقدم للبوقيرات فرصة التقاط فرائس كانت ستفتقدها لولاه، وتوفر الأمان للنموس مقابل بعض الفرائس التي تنتزعها البوقيرات منها. ولكن تطور هذا التعاون يطرح معضلة تشبه معضلة الدجاجة والبيضة. والمشكلة ليست في السؤال: متى تحققت البوقيرات بأن من الأفضل لها ألا تأكل صغار النموس؟ وإنما السؤال: كيف ظهرت عند البوقيرات طفرات منعتها من مهاجمة صغار النموس، ودعتها إلى تحذير كبار النموس من الطيور الجارحة التي لا تشكل خطرا على البوقيرات نفسها؟ والسؤال الآن أي سلوك من هذين ظهر قبل الآخر بأنه المفضل اصطفائيا لدى النموس وحدها؟ وهناك العديد من أمثلة التكافل المحيرة أيضا، كتأقلم (بتلات) petals أنواع من السحلبيات (الأوركيد) تأقلما تاما مع مناقير الطيور الطنانة الطويلة التي يمكنها أن تتغذى برحيقها. والطريف أننا نعرف أساسيات البيولوجيا الجزيئية اللازمة لتفسير عجائب الطبيعة، ومع ذلك تتركنا هذه العجائب في حيرة من أمرنا، لافتقارنا إلى قدرات كافية للفهم والتفكير المنطقي.

وفي واقع الأمر، قليلا ما نتوقع أننا سنفهم كيف تطور جناح دجاجة مثلا من ساق، لأننا لا نملك اليوم أي فكرة عن الطريقة التي تعين بها صبغيات جنين الدجاجة نمو أجنحتها. فالمعلومات الوراثية مختزنة في صورة تدوين خطي Linear، فهو إذا وحيد البعد، لذلك لا يُعرف كيف يحدد هذا التدوين بالتفصيل بنى في ثلاثة أبعاد سواء على الصعيد الجزيئي أو الماكروسكوبي. وعلى الرغم من ذلك، حاول جاكوب أن يبين أن وحدة الحياة على المستوى الجزيئي تحمل على الأقل رسالة واحدة مهمة. ثم إذا كانت الجزيئات التي يتمثل الشمبانزي مطابقة عمليا لتلك التي تكون الإنسان، فلا بد أن يتمثل الفرق عندئذ بين النوعين في الطريقة التي نظمت بها هذه الجزيئات. فالطبيعة تتصرف كطفل أمامه مجموعة ليجو[(*25)]، فهو يستعمل المركبات ذاتها ليركب منها حوامة (هيلوكبتر) أو رافعة (ونش) أو دويخة الخيول. فالطبيعة تبني من مركبات أساسية أنواعا من الكائنات، ولكنها تكون أيضا صنفا جديدا من دون خطة مسبقة، بل بمجرد المحاولة الاعتباطية. فإذا فشل التجمع الجديد الذي كونته، نبذته؛ أما إذا نجح

أتاحت له الانتشار. ويقارن جاكوب هذه السيرورة بعمل غير المحترف الذي يحاول صنع أدوات جديدة باستخدام خرداوات وقطع قديمة يصادفها حوله. من ذلك مثلا التطور الحديث لصنع طائرة خفيفة جدا مصنوعة من طائرة شراعية ومحرك عربة صغيرة. ويشير تحليل المورثات الحديث إلى أنه يمكن أن يكون قد أتى إلى الوجود، بهذه الطريقة، ليس فحسب متعضيات جديدة، وإنما أيضا أنواع جديدة من الجزيئات البروتينية. فقد يحدث أن تلتحم كسرات وقطع من المورثات المتوافرة لتصبح النسخة النموذجية لصنع بروتين له وظيفة كيميائية جديدة.

لا نعرف كيف تعطي المورثات جميع تفاصيل نمو المتعضية (أي الكائن الحي). كما لا نعرف كيف تحدد المورثات متى تشيخ المتعضية وتموت في النهاية. وهنا يروي جاكوب الأسطورة اليونانية عن إيوس التي استجدت زيوس بأن يهب الخلود لمحبها تيتونوس، ولكنها نسيت أن تطلب إليه أيضا الشباب الدائم. فشاخ تيتونوس إلى أن أغضب محبوبته بثرثرته الصاخبة الخرفة فحولته إلى زيز الحصاد وحبسته في علبة. فتيتونوس من وجهة نظر الاصطفاء الطبيعي حقق غرضه البيولوجي عندما خلف ذرية. وقد عرض ديفيد أتينبوروج، في أثناء اللقاء الدارويني في كامبردج، فيلما عن هذه الظاهرة في أقصى حالاتها. فقد رأينا أسماكا بالملايين تأتي لتضع بيوضها على شواطئ نيوفاوندلاند. وكانت الأسماك تموت مباشرة بعد وضع بيوضها مما يملأ المياه الشاطئية الضحلة بأكوام فوق أكوام من أجسادها المتحللة. فما الذي قتلها؟ يروي جاكوب عن البيولوجيين الذين فكروا مليا في مسألة الموت وهل ابتكرت له الطبيعة آلية ما، أو برنامجا وراثيا يحدد في شكل رسالة كيميائية أن زمن متعضية ما قد انتهى؟ وهنا يذهب جاكوب إلى أنه ليس هناك دليل على وجود مثل هذه الآلية، وإني أشك أيضا في وجودها. فلا بد أن الضغط الاصطفائي الذي بذلته أسماك نيوفاوندلاند أو سمك السلمون، لإنتاج آلاف البيوض والسوائل المنوية، كان عظيما لدرجة أن عملية البيض تركت هذه الأسماك غير قادرة على الحياة. وفي حالة اللبونات التي أنتجت ذرية، فإننا نلاحظ مجرد تلاش، نظرا لضعف الضغط الاصطفائي، للآليات العديدة التي كانت قد أبقت هذه اللبونات قادرة على جمع الغذاء والاحتماء من الحيوانات المفترسة. ويلاحظ

جاكوب أن الشيخوخة لا تكمن في تبدل عضو بمفرده أو منظومة جزيئية، بل في تقهقر عام في كل الجسم. لذلك يرجح عدم وجود علاج معجزة لإيقاف الشيخوخة. «إن ينبوع الشباب الدائم وهم مثله مثل الأوهام العلمية الأخرى، وهو لا يدخل على الأرجح في نطاق الممكن».

هل تختلف الحقائق العقلية عن الحقائق الفيزيائية؟ هنا يمر جاكوب مرورا سريعا على تطور العقل من رد الفعل الكيميائي عند بكتريا الكولون، إلى الإدراك عند الإنسان. ويذهب إلى أنه قد حدث تطور مستمر للدماغ بدءا من الحيوانات حتى الإنسان. فيصعب عليه إذن أن يصدق أن هذه الوقائع العقلية عند الإنسان قد أصبحت مختلفة في النوع عن مثيلاتها عند الحيوان. أما بشأن السؤال: هل الطبيعة هو الذي يحدد كيف نفكر أم تنشئتنا وتغذيتنا هما اللتان تحددان ذلك؟ فجاكوب على يقين بأن تركيب مورثاتنا هو الذي يحدد التركيب البنيوي لدماغنا، وإن كنا لا نفهم كيف أن هذا التركيب محفوظ (أو مدون) في البرنامج الوراثي؛ ولكنه يرى أن مقدرتنا على استخدام دماغنا تتأثر بحوافز بيئتنا. فهذا الدماغ ليس بشريط أبيض كما يحبذ الماركسيون من المنادين بالمساواة أن يصفوه، وليس جهاز تسجيل صوتي (حاكي) كالذي يستشهد به البيولوجيون الاجتماعيون[*26]. ويستشهد جاكوب بتأخر النمو العقلي عند الأطفال المحرومين عاطفيا بصفته دليلا على أن الأداء الفكري عند الفرد لا يعكس مباشرة نصيبه من المورثات، ولكنه لم يفطن إلى ذكر نقص التغذية في الطفولة المبكرة بصفته سببا آخر للضعف العقلي. وهنا تكمن إحدى مآسي عصرنا. فأدمغة الأطفال تظل راكدة من دون كفايتها من البروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية، وذلك مهما كان نصيبها من المورثات. إن نجاح الطب في تخفيض عدد الوفيات من الأطفال لم تسايره قدرتنا على توفير الطعام المغذي لملايين الأطفال الرضع الباقين على قيد الحياة. إن حرمانهم في طفولتهم يُحدث دائرة مفرغة، لأنه يحرمهم من قدرتهم العقلية التي تساعدهم على تحسين نصيبهم ونصيب أطفالهم من الحياة.

يتساءل جاكوب: هل يحتاج الدماغ البشري إلى أن تكون لديه صورة متماسكة وموحدة للكون، كتلك الأساطير التي وصلتنا من أزمنة سحيقة؟ وهل يمكن للمجتمع أن يعرف مجموعة من القيم مباشرة، من دون اللجوء

إلى الأساطير التي خلقها الإنسان نفسه وجعلها تهيمن على قدره؟ هذا السؤال تركه جاكوب بلا جواب، لأنه على بينة من العقيدة الفلسفية القائلة إن القيم لا يمكن أن تستمد من واقع الأشياء. أما أنا فأعتقد بأن العلم، بدءا من عصر النهضة، كان يقود الإنسان إلى تبني مجموعة من القيم مختلفة كل الاختلاف عن بعض تعاليم المسيح، أو على الأقل عن التأويل المبكر لتعاليمه. ففي خطبة الجبل يقول المسيح[*27] «انظروا إلى طيور السماء، إنها لا تزرع ولا تحصد، ولا تجمع (الغلال) في مخازن، وأبوكم الذي في السماء يقوتها... لا تهتموا قائلين ماذا نأكل؟ ماذا نشرب؟ ماذا نلبس؟... بل اطلبوا ملكوت الله وبره... وهذه كلها تزاد لكم». ويبدو أن المسيحيين فسروا هذه النصيحة في العصور المظلمة الوسطى، كما فسروا غيرها، بأنها تعني أن على الإنسان ألا يكافح في سبيل حياة أفضل في هذا العالم، بل عليه أن يهيئ نفسه للعالم الآخر. ولكن العلم قلب هذه القيم وأقنع الإنسان أن باستطاعته تحسين ظروف معيشته ومعيشة من يأتي بعده إلى هذا العالم. فأديسون وباستور كانا بالنسبة لي في صباي بطلين أكثر مما كان القديسون والشهداء.

وينهي جاكوب كتابه بدعوة إلى العقل: «لقد سيطر على عصر التنوير والقرن التاسع عشر جنون اعتبار العقل ليس ضروريا فحسب، بل إنه كاف أيضا لحل جميع المسائل. أما اليوم فسنكون أكثر جنونا أيضا إن نحن قررنا - كما يريد بعضهم - بأن العقل باعتباره غير كاف، فهو أيضا غير ضروري».

## داروين ويوبر والتطوير

في 12 يونيو 1984 ألقى السير كارل يوبر أول محاضرة في سلسلة محاضرات ميداور في الجمعية الملكية (في لندن). ويوبر هذا، فيلسوف معروف لدى العلماء بكتابه البعيد الأثر في المنهج العملي. فمنذ ثلاثمئة سنة، كان إسحق نيوتن قد أعلن في كتابه المبادئ Principia أن «الدعاوى الخاصة يستدل عليها في الفلسفة التجريبية من الظواهر، ثم تُعمّم بالاستقراء»، ولكن يوبر فنّد هذا الرأي، محتجا بأن الخيال يأتي أولا: فالعلماء يبدؤون أولا بصياغة فرضيات، ومن ثم يعمدون إلى اختبارها بالملاحظة. ولا تعد الفرضية علمية إلا إذا كان بالإمكان دحضها تجريبيا.

وإذا ما تبين أن الفرضية غير كافية، يصوغ العلماء فرضية جديدة محسنة يمكن أن تخضع أيضا للاختبار التجريبي. وبهذه الطريقة تطور العلوم عبر تفاعل بين التخمينات المتخيلة والتفنيد[6] التجريبي!! كما فنّد پوپر في كتابه الفذ الآخر «المجتمع المفتوح وأعداؤه»[7] (الذي يشير إليه في القسم الأول: «هل العلم ضروري؟»)، وجود قوانين تاريخية، وأصر على أن مستقبلنا هو بين أيدينا. وهو ينبذ الحتمية في جميع أوجهها.

وتبدو وجهة النظر الفلسفية هذه نفسها من خلال أفكار پوپر عن تطور الأنواع. فهو يسلم بالداروينية ويعرفها بالقانون التالي: إن المتعضيات الأفضل تكيفا من الأخرى هي التي تخلف على الأرجح ذرية. ولكن پوپر يرى أنه من المستحسن دائما أن تكون للنظريات نظريات منافسة. ولما كانت الداروينية لا منافس لها.. لذلك ابتدع لها پوپر واحدة بأن شطر الداروينية إلى شكل منفعل وشكل فاعل. والذي يقصده بالمنفعلة كما يتبين، هو النظرية المقبولة عموما والتي تقول: إن الطفرة العشوائية والاصطفاء الطبيعي هما اللذان يقودان إلى تطور لا مناص منه إلى أشكال الحياة العليا. وهو يدين هذه النظرية باعتبارها حتمية، أو باعتبارها مجرد تعبير آخر عن التاريخية الفلسفية التي هدمها في كتابه «المجتمع المفتوح»، ويجادل بأن «لخصوصيات الفرد في مزاجه تأثيرا في التطور أكبر من تأثير الاصطفاء الطبيعي» وأن «النشاط الوحيد المبدع في التطور هو نشاط المتعضية». وهو يقول إن المتعضيات كانت تتحرى البيئات منذ البدايات المبكرة جدا للحياة بصورة أفضل من الآن، لأن التكيف كان يتضمن قوة البحث النشيط عن الطعام. ثم إن البيئة منفعلة والنشاط الوحيد المعروف هو نشاط المتعضيات التي تقوم بالبحث عن مأوى أفضل لها. والمأوى في نظر پوپر هو الموجه الأول لقوة التطور.

كانت الداروينية المنفعلة، تبعا لپوپر، فكرة مخطئة عن التكيف ونتيجة للعقائد الحتمية الباطلة التي عمت في البيولوجيا، وهي تجد اليوم تعبيرا عنها في البيولوجيا الاجتماعية. في حين يجب أن نفكر بدلا من ذلك بأن التطور سيرورة تعلم هائلة، وبأنه خيار فعلي للأنواع من أجل مأوى أفضل. فهو يقول، دعونا نفترض أننا كوّنا حياة في أنبوب اختبار، ولكن هذه الحياة ليست متكيفة مع الأنبوب ولا يمكنها أن تبحث عن موطن أفضل لها. لذا

علينا في هذه الحالة أن نكيف الظروف الموجودة في أنبوب الاختبار مع حاجات المتعضية، وهذه عملية تتطلب الكثير من المعرفة. لذا قد لا تكون الحياة قد ظهرت على الأرض مرة واحدة لا غير، بل ظهرت مرات كثيرة ظهورا غير موفق إلى أن ظهرت متعضية تعرف كيف تكيف نفسها بالبحث النشيط عن بيئة أفضل لها. وهكذا يساوي پوپر التكيف مع المعرفة، ولكنها معرفة في شكل وظيفة، فهي أشبه بالانجذاب الكيماوي منها بالبنية. ويسلم پوپر بأن هذا هو تفكير صفاتي"[*28]، ولكنه يؤكد أننا لا نستطيع أن نفكر في البيولوجيا من دون أن نفكر بتعابير صفاتية. ويبرر تفكيره هذا بأنه فرضيات تقوم على التماثل العام في الوظائف البيولوجية [عند جميع الأحياء].

ويشير پوپر أيضا إلى أن الاصطفاء الطبيعي لا يمكن أن نقارنه بالاصطفاء (الذي يقوم به مربو الماشية مثلا) عند عمليات الإكثار، فقد كان هذا مجرد تشبيه غائي في دراسات داروين. وقد يكون التعبير «ضغط اصطفائي» أفضل، على الرغم من أنه يحمل معاني غائية إضافية. ولكن هذه المعاني لا يمكن تجنبها، لأن المتعضيات حلالات للمشكلات في بحثها عن ظروف أفضل، حتى إن أدنى المتعضيات تقوم بإجراءات محاولة وخطأ بغرض هدف معين. وتذكرني هذه الصورة بـ «الفيلم» المدهش عن الجراثيم ذات الجاذبية الكيميائية التي عرضها هوارد براج من جامعة كولورادو في أثناء محاضرته. فالمحرك السوطي (أو الاستطالي) للجرثومة[*29] يجعلها تجري وتتقلب بصورة عشوائية إلى أن تحس باقترابها من غذاء، الأمر الذي يخفض من تكرار التقلبات ويطيل الجريان نحو أكبر تجمع للغذاء. على أن نزوع المحركات السوطية لا يصدر عن معرفة غامضة وإنما عن فعاليات المستقبلات البروتينية، التي تقيس فروق تركيز الغذاء بين نهايتي الجرثومة المتقابلتين. وهذه عملية كيميائية صرفة.

لقد تحقق فيلسوف القرن الثامن عشر إيمانويل كانط بأن لدينا فطرة موروثة أو حسا قبْليا[*30] بالمكان والزمان يسبق معرفتنا التي نكتسبها عن طريق الملاحظة. وتبعا لپوپر، يتضمن التطور البيولوجي وجود معرفة مماثلة قبْلية عند المتعضيات. فكان لهذه المعرفة أن أدت إلى التكيف الطويل الأمد. وكان داروين حتميا، لأنه كان يرى أن التطور عملية منفعلة، في حين أن

لامارك لم يكن كذلك. ويؤكد پوپر حتى هذه المرحلة أن البيولوجيا لا يمكن اختزالها إلى فيزياء وكيمياء، ولكني لا أستطيع التفكير بأي تفاعل بيوكيميائي[*31] لا يمكن اختزاله إلى كيمياء، كما لا يمكنني أن أفكر بأي وظيفة بيوكيميائية واحدة ستكون مختلفة في المختبر عما هي في الحياة نفسها، لمجرد أن هذه الوظيفة تعمل في الحياة بهدف معين، حسبما أجاب پوپر أحد السائلين، اللهم إلا إذا كان ما قصده بهذا الهدف هو فحسب ما نعنيه عند قولنا إن البطارية (المدخرة) تكتسب هدفا عندما توضع في مصباح.

وهكذا أعادت مقولة پوپر فتح المعارك التي اندلعت في بدايات هذا القرن، فقد حاول البيوكيميائيون حينذاك إقناع المجتمع العلمي بأن ديناميك الخلايا الحية ليس نتيجة لنشاط البروتوبلاسما الهادف، وإنما نتيجة تفاعلات كيميائية يقوم بدور الوسيط في كل منها إنزيم نوعي خاص. وفي عام 1933 اشتكى أول الباحثين في كيمياء الإنزيمات في كامبردج جولاند هوبكنز، من أن «تبرير أي ادعاء من هذا القبيل سبق أن واجه تحديا منذ البداية من وجهة نظر فلسفية معينة»، وعلى سبيل المثال من بديهية الفيلسوف هوايتهد التي تقول بأن «الكل» هو أكثر من مجموع أجزائه. فلقد أثبت هوبكنز أن التفاعلات البيوكيماوية في الخلايا الحية ليست أكثر من مجموع التفاعلات التي يمكن لكل منها أن يتم في المختبر، ويمكن أيضا تأويله بعبارات كيميائية. ومنذ ذلك الحين أثبتت وجهات نظره بالبرهان على أن مثل هذه العمليات الأساسية المختلفة، كنسخ الدنا ونقل الرسائل من الدنا إلى الرنا[*32] (RNA) الرسول، وترجمة الرنا إلى بنية بروتينية، وتحول طاقة الضوء إلى طاقة كيميائية، والنقل التنفسي (أي أخذ الأكسجين وطرح غاز الفحم بالشهيق والزفير) وحشد من التفاعلات الاستقلابية، يمكن استعادة حدوثها كلها حتى من دون الإشارة إلى نشاطاتها الفردية في الخلية، التي ليست سوى المجموع المنظم لتفاعلات أجزائها الكيميائية في أنبوب الاختبار. ولكن قد يجادل بعضهم بأن التنظيم هو الذي يعطي الخلية غايتها، وبذلك يكون الكل أكثر من أجزائه. وهذا صحيح، ولكن التنظيم ذاتي[*33] وكيميائي. فالخلية أشبه ما تكون بأوركسترا من دون قائد ومقطوعتها الموسيقية مدونة في الدنا (DNA).

لنتفحص الآن بعض الأدلة المرتبطة بشكلي الداروينية عند پوپر: الفاعلة أو الغائية، في مقابل المنفعلة أو الحتمية. وسأستقي أمثلتي من الهيموغلوبين، لأن هذه الأمثلة مألوفة أكثر لدي. فالجمل واللاما نوعان تربطهما قرابة قوية، بيد أن لهما موطنين مختلفين. فالجمل يعيش في السهول واللاما تصعد إلى أعالي جبال الأنديز. وللجمل هيموغلوبين ذو إلفة مع الأكسجين يتناسب مع حيوان له مثل هذا الحجم، ولكن بسبب وجود طفرة وحيدة في المورث المكوّد[*34] (المرمز) لإحدى سلسلتي الغلوبين اللتين تكونان جزيء الهيموغلوبين، أصبحت ألفة هيموغلوبين اللاما للأكسجين مرتفعة تفوق المألوف[8]. وهكذا أتاح هذا «الهيموغلوبين المغاير» للاما بأن تتنفس هواء الجبال المخلخل. وقد أشار إليّ عالم الوراثيات ريتشارد ليونتون من هارفارد بأن هذه الطفرة كانت قد حدثت على الأرجح قبل أن تكتشف اللاما أنها كانت قادرة على الرعي في مرتفعات محرمة على الأنواع المنافسة. أو بعبارة أخرى، من المرجح أن الطفرة التي تكيف النوع مع بيئة جديدة تكون قد حدثت قبل أن يحتل النوع هذه البيئة. ففي حين أن الطفرة كانت حادثا لم يتحكم في حدوثه قانون المصادفة المحضة، وهي بهذا المعنى حتمية، أصبح استغلال الحيوان لهذا الحادث العرضي بحاجة إلى بحث هادف عن بيئة أكثر ملاءمة.

وثمة مثال آخر أدعى إلى الدهشة، وهو عن نوعين من الإوز، نوع رمادي يعيش في سهول الهند على مدار السنة؛ ونوع حاسر الرأس يهاجر عبر الهمالايا إلى ارتفاع 9 آلاف متر ليجد أراضي أحسن غذاء في الصيف. ويمكن للإوزة الحاسرة الرأس أن تبلغ هذه الارتفاعات بفضل هيموغلوبينها المرتفع الإلفة جدا مع الأكسجين، والذي سبق له أن تولد نتيجة طفرة عشوائية مختلفة عن الطفرة التي حدثت للاما[9]؛ إذ من الجائز أن يكون الإوز الحاسر الرأس قد طار قبل امتلاكه هذا الهيموغلوبين في اتجاه الشمال في طريق أطول من المعتاد وأكثر التفافا، ثم أتاحت له الطفرة أن يستطلع الطريق الأقصر المار عبر الجبال العالية. ومن الجائز أيضا أن يكون الإوز قد بدأ بالهجرة عبر الهمالايا قبل أن تكون الجبال قد ارتفعت إلى هذا الارتفاع الهائل، وربما تكون الطفرة قد أهلته لهذا الارتفاع الحديث. إذ يُعتقد أن هذه الجبال قد ارتفعت خلال المليون سنة والنصف الأخيرة

بمقدار 1300 متر على الأقل.

دعونا ننتقل الآن إلى مثال يمكن أن يتم فيه التكيف بطريقة فعالة ومنفعلة. فالفأر الأيل منتشر جدا في سهول أمريكا الشمالية وجبالها، وهيموغلوبينه متنوع الأشكال، بمعنى أن الدم عند كل فرد هو أحد نوعين من الهيموغلوبين يختلفان في درجة ألفتهما مع الأكسجين أو هو مزيج متعادل من النوعين. وقد اكتشف شاپل (M. A. Chappell) وسنايدر (.I. R. Z Snyder) من جامعة كالفورنيا في ريڤر سايد أن ثمة رابطة بين ألفة دم فئران الأيل وارتفاع موطنه، إذ كلما ارتفع الموطن ارتفعت معه درجة ألفة الهيموغلوبين مع الأكسجين. وللتأكد من أن هذه الرابطة تعكس آلية تكيف معينة، أتاحوا للفئران أن تتأقلم لمدة شهرين على ارتفاعين 340 مترا أو 3800 متر. وقاسوا بعد ذلك استهلاكها للأكسجين خلال التمرينات البدنية، فوجد شاپل وسنايدر أن الفئران ذات الهيموغلوبين الأقل ألفة مع الأكسجين كان عندها على ارتفاع 340م أعلى معدل من استهلاك الأكسجين، وأنها تستطيع لهذا السبب أن تمارس تمريناتها لمدة أطول. كما ثبت أن العكس صحيح على ارتفاع 3800م، مما يبرهن على أن الاختلافات في درجة الألفة مع الأكسجين تؤقلم الفئران فعلا مع الحياة على ارتفاعات مختلفة[10].

كما أن تعددية شكل البروتين منتشرة جدا في الطبيعة. وقد افترضت بشأن قيمتها الاصطفائية تخمينات كثيرة. وتخمينات شاپل وسنايدر هي أول برهان على أن تعددية الشكل تؤثر بصورة واضحة في فيزيولوجية الحيوان، وأن تأثيرها هو نتيجة للتفاعلات البيوكيميائية التي يمكن قياسها في المختبر والمرتبطة مباشرة باللياقة التي تحدث عنها داروين. إذ توحي نتائجهما بما يقرب من اليقين أن ما يبقي تعددية الشكل قائمة هو الضغط الاصطفائي. فهل هذا مثال على الداروينية الفاعلة أم المنفعلة؟ إن الفئران التي تعيش فوق منحدرات جبلية، تعمد على الأرجح إلى الهجرة إلى الارتفاعات التي تكون أنسب ما يكون لإلفة هيموغلوبينها مع الأكسجين. وبالمقابل من المرجح أن الفئران التي تعيش في السهول الجبلية العالية أو السهول المنخفضة، تبقى في أماكنها. والفئران ذات الهيموغلوبين الأفضل تكيفا هي على الأرجح التي تخلف ذرية أكثر. وهكذا نشاهد الداروينية الفاعلة والمنفعلة جنبا إلى جنب في مكان واحد.

لنناقش الآن مرضين وراثيين في الهيموغلوبين عند الإنسان، وهما أنيميا الخلايا المنجلية والثالاسيميا. والمرضان ينجمان عن طفرتين مختلفتين في مورثات الهيموغلوبين. فإذا ورثت الطفرة من أحد الأبوين فقط تكون بوجه عام غير مؤذية، أما إذا ورثت الطفرة من الأبوين معا، كانت آثارها مسببة للشلل. وفي أفريقيا تنتشر أنيميا الخلايا المنجلية، في حين أن الثالاسيميا أكثر انتشارا في بلدان البحر الأبيض المتوسط وشرق آسيا وبعض جزر المحيط الهادي. وفي عام 1949 كان عالم الوراثة هالدين (J. B. S. Haldane). أول من أشار إلى وجود اقتران بين هذين المرضين والملاريا (البرداء). وقد تأكد ذلك الآن بعد دراسات واسعة في أجزاء مختلفة من العالم. ففي بابوا غينيا الجديدة تسود الثالاسيميا بالقرب من مستوى سطح البحر حيث تشيع الملاريا. وهي نادرة بين القبائل الجبلية غير المعرضة للملاريا. كما أن الثالاسيميا شائعة في الجزر الموبوءة بالملاريا في ميلانيزا، ونادرة في الجزر الخالية من هذا المرض[11].

وفي مناطق أفريقيا الموبوءة التي تقتل فيها الملاريا نسبة كبيرة من الأطفال، تبلغ نسبة من يحملون مورث الخلايا المنجلية من السكان الأصليين 40 في المئة. فما الذي جعل هذا المورث يتجمع؟ الحقيقة أنه حين يتزوج اثنان يحملان مورث الخلايا المنجلية، يكون نصف ذريتهما على الأرجح حاملين لهذا المورث، وربعها ذات هيموغلوبين سليم، والربع الآخر يحمل المورثين ويكون أفراده مصابين بالأنيميا المنجلية. والغريب أن الأطفال الذين يحملون مورث الخلايا المنجلية هم، ولأسباب غير مفهومة تماما؛ أكثر مقاومة للملاريا من الأطفال الطبيعيين، وهم لذلك أوفر حظا في البقاء حتى سن الرشد. ترى هل ظهرت طفرة الخلية المنجلية مرة واحدة عند فرد بعينه تحدر منه جميع الذين يحملون هذا المورث؟ لقد أظهر المسح المورثاتي لسكان أفريقيا أن حملة هذا المورث في مختلف أصقاع أفريقيا تحدروا من ثلاثة أو أربعة أفراد، مما يثبت أن طفرة الخلية المنجلية كانت قد حدثت ثلاث أو أربع مرات[12]. أما الثالاسيميا فقد تبين أنها تظهر من تشكيلة من الطفرات، الأمر الذي يستبعد أيضا وجود أصل مشترك لها.

أما فيما يتعلق بظهور طفرة أنيميا الخلية المنجلية أو الثالاسيميا فيبدو الأمر وكأن هذه الطفرات تظهر تلقائيا في التجمعات البشرية. وفي حال

غياب الملاريا، لا يوفر الضغط الاصطفائي مناخا ملائما لحاملي الهيموغلوبين المختلف أي لحاملي هذه الطفرات، فينقرضون خلال عدة أجيال. أما في وجود الملاريا فإن الضغط الاصطفائي يوفر مناخا ملائما لحاملي الطفرات فيتكاثرون. ومن غير المعقول أن نقول إن حاملي هذه الأمراض (الثالاسيميا والمنجلية) بحثوا بكل نشاط عن محيط موبوء بالملاريا حيث سيكون لأطفالهم أفضلية الاصطفاء. فهم يمثلون شكلا من التكيف فرضه الاصطفاء الطبيعي، فهو تكيف منفعل صرف ومحتم، لأنه لا مهرب من قوانين المصادفة. فسيادة الثلاسيميا على الجزر الموبوءة بالملاريا في ميلانيزيا وانعدامها في الجزر الخالية من الملاريا هو أمر يلفت النظر حقا، لأن هذه الجزر لم تُقطن إلا لما يقرب من ثلاثة آلاف عام. ولذلك يجب أن يكون الاصطفاء الداروينى قد قام بعمله في الأزمنة التاريخية، لأنه قلما يحتاج إلى أكثر من مئة جيل ليعطي نتائجه. وقد نبهني بونتيكورفو Guide Pontecorvo وسميث John Maynard Smith إلى أن النباتات أحسنت التطور، مع أن تبعثر البذور والأبواغ منفعل كليا.

لقد قدم بوبر خدمة ذات نفع للنظرية الداروينية بأن وجه الأنظار إلى أهمية النشاط الفردي في البحث عن البيئة الأفضل. ولكن أمثلتي أقنعتني بأن هذا جانب واحد فقط للتطور الدراويني الذي يمكن أن يكون فاعلا أو منفعلا أو مزيجا من الاثنين.

## وزارة الدفاع[*35]

كتب عالم الوراثة ثيودوسيوس دوبجانسكي Theodosius Dobzhansky أن كل شيء في الطبيعة يصبح بلا معنى إن لم نضع نصب أعيننا أن الاصطفاء (الانتخاب) الطبيعي هو السائد المطلق. فأحد أسباب الفقر في أفريقيا آت من مرض يصيب الماشية بسبب طفيلي يدعى المثقبي أو التريبانوزوم trypanosome. وهذا المرض ينتقل بوساطة ذبابة التسي تسي. فعندما تعقص هذه الذبابة بقرة ما، تنفذ المثقبيات إلى دمها، حيث تتعرفها بعض خلايا الدم البيضاء باعتبار أنها أجسام غريبة غازية. ولدى تلقي هذه الخلايا البيضاء هذا الإنذار، تبدأ بالانقسام والتكاثر. وتفرز خلفاؤها مضادات أجسام في الدم تقتل هذه الطفيليات. ولكنها للأسف لا تقضي عليها

جميعا، بل تبقى قلة منها لأن طفرات وراثية تكون قد كستها بأغطية لا تستطيع مضادات الأجسام أن تتعرفها. وحينذاك تنقسم هذه الطفيليات الباقية وتتكاثر، وتجبر الجهاز المناعي عند الحيوان على بدء القتال كله من جديد. وهكذا تتكرر هذه المعركة ذاتها كل بضعة أسابيع.

ولقد اكتشف عالم البيولوجيا الجزيئية الهولندية بورست Piet Borst الآلية المورثاتية التي تمكن المثقبيات من اتخاذ أشكال متعددة من التستر. فقد وجد أن صبغياتها تحوي مجموعة من «الكاستات» cassettes المورثاتية التي يمكن لكل منها أن يدير صناعة معطف بروتيني مختلف، وبإمكان الطفرات أن تنشط هذه (الكاسيتات) كلا بدوره بإدخالها في «مشغل الكاسيت» نفسه. ولكن ما من معطف من هذه المعاطف الجديدة يمكن أن يخدع أجهزة دفاع البقرة لمدة طويلة. لأن المورثات التي تكوّد (ترمز)[*36] مضادات الأجسام كانت منذ بدايات الحياة قد خلطت بما يقرب من مئة مليون طريقة، تسمح لها بأن تصنع ما يقرب من مئة مليون مضاد للأجسام. وتفرز مجموعة مختلفة من خلايا الدم البيضاء كلا من هذه المضادات. وهكذا توفر هذه الوفرة في الإنتاج للبقرة إمكانية تصنيع مضادات أجسام ليس فحسب للمثقبيات بجميع الأشكال التي تتستر بها، بل مضادة لجميع أشكال الخمج[*37] الأخرى التي يمكن تصورها.

ولكن الطفرات التي تغير معاطف المثقبيات، وخلط المورثات الذي يسفر عن توليد مضادات أجسام، هي كلها حوادث مصادفة. فالاصطفاء الطبيعي هو الذي كان وراء هذه الملايين من الخلايا البيضاء عند البقر التي تتعرف المثقبيات بالمصادفة، وهو الذي كان وراء طفرات المثقبيات التي تفلت من تعرف الخلايا البيضاء عليها في البدء، فتنقسم وتتكاثر. فالصراع الدارويني الدائر بين الخلايا البيضاء والمثقبيات يضمن بقاء جماعة من الطفيليات وبقاء مضيفتها، أي البقرة، ولكن هذه تصبح ضعيفة هزيلة وفقيرة في إنتاج الحليب، مما يعود بالضرر على صاحبها.

وهكذا نرى أن خلايا الدم البيضاء التي من نوع تلك التي ترد على المثقبيات، هي الجنود التي تستنفر دفاع الحيوان لمقاومة الخمج. والكتاب الذي نتحدث عنه يدخل القارئ العادي في عالم هذه الخلايا بجميع صورها التي تتجلى فيها، بأسلحتها وتكتيكاتها وأجهزة التحكم التي تضبط حركاتها،

بما في ذلك حالتنا العقلية، وهذا ما يبدو مستغربا. فالزكام الشديد الذي أصابك قبل امتحاناتك النهائية مباشرة، يمكن أن يكون قد اخترق وسائل دفاعك بسبب التوتر العصبي والإنهاك اللذين جعلا جهاز مناعتك ينهار. وقد دلت تجارب أجريت على الجرذان أن الاستجابة المناعية يمكن أن يخمدها أيضا المنعكس الشرطي، كما لو أن مجرد رؤية ورقة امتحان آخر تأتي بعد سلسلة من الامتحانات كافية لأن تثبط الجهاز المناعي.

ويعرفنا الكتاب على بعض التجارب المأثورة حول المتعضيات المجهرية التي تهاجمنا، وحول وسائل دفاعنا تجاهها. أما عنوانه «شوكة في نجم البحر»، فهو مأخوذ من اكتشاف قام به البيولوجي الروسي إيلي متشنيكوف Elie Metchnikoff في عام 1882. وإليكم بعضا من تقريره عنه:

كنت في استراحة قصيرة من صدمة الحوادث التي كانت سبب تركي لجامعة أوديسا. وكنت منغمسا بحماس في أبحاث في موقع فخم في مضائق ميسينا.

في أحد الأيام، ذهبت عائلتي إلى «سيرك» لمشاهدة بعض القردة التي تؤدي عروضا خارقة. فبقيت وحيدا مع مجهري ألاحظ الحياة في الخلايا المتحركة داخل يرقانات نجم البحر الشفافة. فلمعت في دماغي فجأة فكرة جديدة. فقد خطر في بالي أن مثل هذه الخلايا يمكن أن تعمل في الدفاع عن المتعضية تجاه أي دخيل. وعند إحساسي بأن في هذه الفكرة شيئا فائق الأهمية، شعرت بأني في حالة هياج، حتى أنني رحت أذرع الغرفة جيئة وذهابا، إلى أن ذهبت إلى شاطئ البحر لكي أستجمع أفكاري.

وقد قلت في نفسي: إذا كان افتراضي صحيحا، فإن أي شظية تدخل في جسم يرقانة نجم البحر في مكان خال من الأوعية الدموية أو الجهاز العصبي، لا بد أن تحيط به حالا خلايا متحركة، كما ينبغي أن يُلاحظ ذلك إذا ما دخلت شقة من خشب أو زجاج في إصبع إنسان. وما إن فكرت بذلك حتى نفذته.

وكان في بيتي حديقة صغيرة كنت نصبت فيها قبل أيام قليلة «شجرة عيد الميلاد» على شجرة مندرين صغيرة. فاقتلعت منها قليلا من أشواك الورد وأدخلتها تحت جلد بعض اليرقانات الجميلة الشفافة كالماء.

وكنت في حالة إثارة منعتني من النوم بانتظار نتائج تجربتي. وفي الصباح

الباكر جدا من اليوم التالي تأكدت أنها نجحت تماما.

وقد شكلت هذه التجربة أساسا لنظرية البلعميات[*38] التي خصصت السنوات الخمس والعشرين التالية من حياتي لتطويرها.

وكما يحدث غالبا، فقد تم بذلك اكتشاف عظيم الفائدة للإنسان نتيجة ملاحظة أبسط المخلوقات. وذهب متشنيكوف بعد ذلك مباشرة إلى باريس لكي يستخلص في مختبر باستور الجديد مضامين اكتشافه في الطب. وقد وجد نفسه أخيرا متورطا في معركة بول إرليخ Ehrlich رائد المناعة الألماني الذي أعطى الدور الأول فيها لخلايا الدم البيضاء المنتجة لمضادات الأجسام، وقلل من دور بلعميات متشنيكوف التي تلتهم الجراثيم. ولكن الواقع أثبت أن الاثنين حيويان للدفاع عن الجسم. أما ديزوفيتش فيروي لنا أن اكتشاف إرليخ كان بداية لمجال واسع من البحث، فكان كأنه انفجار أحد المستعرات، حتى لقد جعلني أتساءل: هل تبلدت حواسنا بفعل الأمور الكبيرة لدرجة أن مجرد انفجار ديناميت، يمكن أن يمر من دون أن نحس به، وأنه لذهولنا لم يعد يكفي لإثارتنا سوى حدث ضخم قادر مثلا على أن يعصف بكامل المنظومة الشمسية.

ويزود ديزوفيتش الأمريكيين المراعين لصحتهم بوصفات طبية لكي يحافظوا على جهازهم المناعي قويا حتى سن الشيخوخة المتقدمة، وينصحهم بأن يتناولوا وجبات فيها آثار من المعادن الأساسية إضافة إلى حبوب الفيتامينات. ولكنه يحذر من أن هذه الوصفات لا تفيد المفرطين في التدخين. إذ من المعروف أن التدخين هو السبب الأول لسرطان الرئة وأنه أحد المسببات الرئيسية لأمراض أوعية القلب الدموية. ويصف ديزوفيتش أيضا مضار أخرى أقل شهرة للتدخين. منها تثبيط الجهاز المناعي، مما يجعل المدخن أكثر عرضة لالتقاط العدوى؛ وضرر آخر هو شلل يصيب الشعيرات التي تفترش القصبات الهوائية والرئتين والتي تدفع الغبار والجراثيم إلى الخارج. هذا إضافة إلى أنه يفسد الإنزيمات الساعية إلى إزالة الأنسجة الرئوية التالفة أو إلى إصلاحها، فتدمر أنسجة الرئة المتضررة بدلا من إصلاحها مما يسبب مرض الانتفاخ الرئوي المؤلم.

يمكن أن تكون المنعكسات التحسسية قد تطورت أصلا لتخليص الحيوانات من الديدان الطفيلية؛ إذ إن مضادات الأجسام التي يؤدي وجود

الديدان إلى ظهورها في الأمعاء لا تهاجم الديدان مباشرة، بل تسبب إطلاق المحرضات كالهيستامين مثلا الذي يجعل أمعاء المريض تطرد الديدان. ولكن هذه المضادات نفسها يمكن أن تنشطها عن «طريق الخطأ» حمى التبن أو الربو أو أمراض الحساسية الأخرى التي نبتلى بها. فالتدخين يخفف حالتين تحسسيتين، هما الربو وقولنجات القرحة، على الأقل عند بعض الذين يعانونهما. فهؤلاء المرضى يستفيدون في الظاهر من تثبيط الجهاز المناعي الذي يحدثه التدخين.

ولقد ابتكر التلقيح طبيب إنجليزي هو إدوارد جينَّر Genner وذلك لكي يعبئ الجهاز المناعي ضد الأمراض قبل أن تهاجمنا. فقد جربه أول الأمر عام 1778 على أطفال جمعهم من إصلاحية الأحداث وليس على «متطوعين على دراية بالأمر». فحقنهم بجدري البقر؛ ثم عمد ابن أخيه وهو ليس طبيبا، إلى اختبارهم بصديد الجدري لكي يرى هل احتموا من العدوى أم لا، وحقن معه طفلا غير ملقح ليكون شاهد(*39) هذه التجربة. ويبدي ديزوفيتش حيرة تجاه هذا التناقض بين الإيمان الديني عند جينَّر وهذه التجارب العديمة الشفقة على أطفال غير عارفين بما قد يصيبهم. إلى أن شرح له مؤرخ من أوكسفورد بأن هؤلاء الأطفال لا بد أنهم كانوا مستبعدين من رعاية كنيسة الرب الرسمية، لأنهم اقترفوا إثما بكونهم ولدوا فقراء. فقد كان ينظر إلى المعوزين آنذاك كما لو كانوا الخنازير الهندية التي تجرى عليها التجارب حاليا. ويذكر ديزوفيتش بأن حكومة بافاريا جعلت التلقيح إلزاميا في عهد مبكر يعود إلى عام 1807. أما في إنجلترا، مسقط رأس جينَّر، فلم يؤخذ به ويصبح إلزاميا فعلا إلا في عام 1871. ولم يطبق أخيرا على كل رجل وامرأة وطفل في العالم إلا بعد نحو مئتي عام. وهكذا نرى أن الأساليب الجديدة لقتل الناس كان يتم تبنيها دائما بنشاط وفعالية. أما أساليب حمايتهم من المرض فقد استغرقت في بعض الأحيان قرونا ليتم الأخذ بها.

ومن الجائز أن يكون التلقيح قد أنقذ حياة أناس أكثر حتى مما أنقذت المضادات الحيوية. فقد كتب المؤلف:

في عام 1921 ظهرت في الولايات المتحدة 200 ألف حالة خناق تقريبا؛ وفي عام 1934، ظهرت 250 ألف إصابة سعال ديكي، وفي عام 1941, 900

ألف إصابة حصبة، وفي عام 1952 , 21 ألف إصابة شلل أطفال، وفي عام 1968 , 150 ألف إصابة نكاف. ولكن بحلول عام 1982 خفض انتشار تحصين الأطفال عدد الإصابات السنوي إلى 3 حالات خناق، و1500 حالة لكل من الحصبة والسعال الديكي و5 آلاف حالة نكاف و7 حالات شلل أطفال (ثلاث منها كانت نتيجة التلقيح، وهي مصادفات معاكسة نادرا ما تحدث). وكل هذا وأكثر منه (كالكزاز والحصبة الألمانية اللذين يدخلان كذلك ضمن نظام التلقيح الأساسي)، لا يكلف أكثر من عشرة دولارات تقريبا لكل طفل لاكتساب المناعة من كل تلك الأمراض. ولم يسبق أن كانت هناك صفقة رابحة أعضم من هذه. وفي عام 1974 أعلن كبير أطباء الولايات المتحدة عن أهداف قومية لمتابعة تحصين أمريكا من الأمراض. وقد خُطط لهذه الأهداف أن تنجز قبل عام 1990. ولم يطبق هذا البرنامج فحسب، بل إنه سبق المواعيد المحددة له: لذلك من المحتمل أن تكون حالات الحصبة وشلل الأطفال قد اندثرت في الولايات المتحدة قبل عام 1990 أو بعده بقليل وأصبحت من غرائب التاريخ.

ومن المحزن أن يكون هذا البرنامج الرائع مهددا باقتطاعات الميزانية وبالأضرار الفادحة التي تحملتها شركات الأدوية، التي سببت لقاحاتها بين حين وآخر أمراضا أو موتا. وعلى المحاكم أن تتحقق أنه لا توجد إمكانية لصنع دواء آمن على وجه الإطلاق أكثر من إمكانية صنع سيارة من دون أخطاء. وعلى الجمهور أن يتحمل حدا أدنى من المخاطرة في مقابل المنافع الهائلة التي تحققها اللقاحات، وإلا فستتوقف شركات الأدوية عن صنعها.

وهناك الآن تقدمات عظيمة وشيكة في مجال التلقيح. ومن المفروض أن يكون معظم أطفال الولايات المتحدة قد تلقحوا قبل عام 1990 ضد النكاف والحصبة والحصبة الألمانية. ومن الجائز أن تكون الحصبة قد استؤصلت حاليا في العالم كله مثل الجدري. كما يوجد حاليا لقاح مضاد لالتهاب الكبد الإنتاني (hepatitis B) القاتل الواسع الانتشار، ولكنه يكلف نحو مئة دولار للحقنة الواحدة. ولا يزال الجذام يصيب نحو 12 مليون شخص. وتجرى الآن على نطاق واسع التجارب على لقاحات مضادة له تنفذ في فنزويلا والهند ومالاوي. ومنذ أن اكتشف وليم تراجر Trager (من جامعة روكفلر في نيويورك) كيفية زرع طفيلي الملاريا في خلايا الدم الحمراء

البشرية، أصبح من الممكن البحث عن لقاح ضد هذا المرض؛ ولكن ما زالت هناك صعوبات تقنية عديدة يجب التغلب عليها. وتُعلق أكبر الآمال الآن على توليد فيروس جدري البقر (المستعمل حاليا كلقاح مضاد للجدري) عن طريق الهندسة الوراثية، بحيث تظهر على سطح هذا الفيروس أيضا واسمات متعضيات أخرى مسببة للمرض(*40)، كفيروس التهاب الكبد الإنتاني وطفيلي الملاريا. إن حقنة واحدة من هذا الفيروس المركب المولد وراثيا لن تكون غالية الثمن وخاصة أنها تحصن الشخص تجاه تشكيلة من الأمراض. كما يبدو أن السبب في سرطان عنق الرحم هو بوجه عام فيروس الورم الحليمي، والسبب في سرطان الكبد البدائي هو فيروس التهاب الكبد الوبائي (الإنتاني)، والمرضان معا يمكن الوقاية منهما بالتلقيح. ويتوقع المؤلف (ديزوفيتش) إيجاد لقاح في المستقبل البعيد حتى لبعض السرطانات الأخرى الأكثر شيوعا.

ويولد اليوم 90 مليون طفل في العالم كل عام، ويموت منهم 15 مليونا قبل إتمام السنة الأولى من أعمارهم، ومن هؤلاء يموت 6 ملايين بسبب أخماج يمكن الوقاية منها، ومعظمهم من العالم الثالث. ثم إضافة إلى وفاة 15 مليون طفل، يصبح 180 ألفا في حالة عجز بسبب شلل الأطفال. في حين أنه بالإمكان الوقاية من مزيد من الأمراض بكلفة رخيصة عن طريق التلقيح على مستوى العالم أجمع. لذلك يناشد ديزوفيتش العالم بحرارة لأن ينفذ ذلك فعلا، فالأمهات في القرى الأفريقية يندبن أطفالهن بأسى مثلما تفعل الأمهات في العالم الغربي. وقد أعجبني كثيرا فكرة «يوم في حياة ملقح مداري» التي تخيلها ديزوفيتش. إنها قصة ممتلئة بالحنان والعطف عن متطوع (دعاه كانديد Candide)(*41) من العالم الثالث انطلق من المركز الصحي في منطقته، لكي يلقح الأطفال في قرية نائية ضد الخناق والحصبة والسعال الديكي والكزاز. وحتى الآن لم يحصل سوى ربع أطفال العالم الثالث على اللقاح المركب، مع أنه لا يكلف سوى سبعين سنتا للطفل الواحد. ولكن مجموعة كانديد تستثني الجدري، لأن ابتلاء العالم بهذا المرض سبق أن استأصلته منظمة الصحة العالمية، بطريقة لا بد أنها كانت أحد أعظم إنجازات التعاون العالمي على وجه الإطلاق. إنه لعمل متميز حقا أن المنظمة لم تترك أي إنسان من دون تلقيح حتى لو كان في أبعد ركن

من أركان الكرة الأرضية، هذا على الرغم من حالات الإهمال واللامسؤولية وعدم الكفاءة والفساد المعهودة في العديد من البلدان، لدرجة تثبط حتى همة المتطوع الذي تخيله المؤلف في كل خطوة.

ويمكن لبعض اللقاحات أن تصبح غير فعالة نتيجة لسوء التغذية المنتشر جدا، ولا سيما بين أطفال العالم الثالث. فبالنسبة لناقصي التغذية لا تجدي سوى لقاحات الجدري والحصبة وشلل الأطفال. أما اللقاحات المضادة للتيفوئيد والنكاف والخناق والحمى الصفراء، فلا تحميهم من المرض. ولكن يمكن جعلها مجدية بإعطاء الأطفال نظاما غذائيا مرتفع البروتين مباشرة قبل التلقيح، ولمدة أسبوع أو اثنين بعده.

«تبدو هذه الوسيلة المتواضعة بسيطة إلى حد ما على الورق، ولكنها على الأرجح تكاد تكون مستحيلة على أرض الواقع، وهذا ما يعرفه تماما أي إداري حل به اليأس من عمله في أحد برامج مكافحة الجوع». ولقد وضعت منظمة الصحة العالمية الحدود الدنيا لمتطلبات التغذية لجميع الأعمار، ولكن الحدود لدينا قد لا تكون كافية للكثير من بين ربع سكان العالم الناقصي التغذية، لأن أمعاءهم داهمتها الطفيليات التي تسلب منهم طعامهم، وتخرّش أحشاءهم لدرجة أن حصتهم القليلة من الغذاء لا تكاد تمتصها أجسامهم. وقد كتب ديزوفيتش: «في الولايات المتحدة الأمريكية، يمكن أن يكون العالم الثالث على بعد عدة مبان فقط»؛ فقد وجدت حملة الأطباء على الجوع في أمريكا أطفالا يعانون أمراض عوز البروتين، كمرض الكواشيوركر Kwashiorkor الذي يجعل بطون المصابين به تنتفخ وتنكمش أردافهم، (وهذه أمراض كان يعتقد أنها لا تظهر إلا في المناطق المدارية)، كما ظهرت لدى أطفال آخرين أعراض إعاقة في النمو وخبل وعوز في الفيتامينات. ولم تعد تحمي أطفال الأمريكيين الفقراء هؤلاء، المسلوبي المناعة والمهيئين للعدوى، برامج التحصين من المرض التي ترعاها الحكومة. وبحسب حملة الأطباء هذه تحتاج الولايات المتحدة إلى برنامج خاص بها للقضاء على الجوع، يمكن توفيره بتكلفة قليلة مقارنة بالمبالغ الطائلة التي بددت على برنامج «حرب النجوم» العديم الفائدة[13].

ترى متى سيوجد لقاح فعال ضد الإيدز؟ ليس لدى ديزوفيتش جواب عن هذا السؤال المربك. ولكنه يمدنا بالكثير من المعلومات المهمة والمفيدة

عن هذا المرض. فأول ما اشتبه بوجود مرض جديد، كان عام 1979، وذلك عندما شخصت حالات نادرة جدا من ذات الرئة (التي لا توجد عادة إلا عند الأطفال الصغار) عند خمسة ذكور شاذين جنسيا من لوس أنجلوس. وبعد سبع سنوات شخص الأطباء وجود الإيدز لدى 28 ألف شخص من الولايات المتحدة، وتوقعوا 270 ألفا حتى عام 1991 مع إجمالي وفيات يقرب من 180 ألف حالة خلال فترة اثنتي عشرة سنة، أي ما يقارب من أربعة أمثال الأمريكيين الذين قتلوا في حرب فيتنام. وكان أول من تعرف ڤيروس الإيدز هو مونتانييه Luc Montagner في معهد باستور بباريس عام 1983، وقد أسماه فيروس اعتلال العقد اللنفية Lymphadenopathy-associated (LAV) virus. أما المؤلف ديزوڤيتش فيفضل تسميته فيروس لوكيميا الخلايا التائية البشري human T- cell Leukemia Virus (HTLV). وهو اسم صاغه روبرت جالو Gallo من معاهد الصحة الوطنية في بتسدا (بولاية مريلاند)، استنادا إلى الاعتقاد بأن هذا الفيروس له علاقة بفيروسات لوكيميا الخلايا التائية. أما الاسم الشائع حاليا فهو فيروس عوز المناعة المكتسبة البشري Human Immunodeficiency Virus أو اختصارا (HIV).

ولقد بحث ديزوڤيتش مطولا مسألة الدليل على أن هذا الفيروس هو السبب الحقيقي لمرض الإيدز، وبأن وجود مضادات أجسام مقاومة له يثبت أن الإنسان يحمل المرض. كما يقدم في كتابه عرضا مفصلا (لا يليق الحديث فيه عامة)، عن طباع الشاذين جنسيا من الذكور. فمن المعتاد على ما يبدو أن الواحد منهم يتصل جنسيا بعشرة مشاركين مختلفين في اليوم الواحد ومئة في الشهر. ولكن التناقص الحاد في ظهور حالات السيلان الشرجي مؤخرا في سان فرانسيسكو يشير إلى تراجع في شيوع الاتصال الجنسي غير المشروع، الأمر الذي قد يخفض من انتشار المرض. فالإيدز لا يصاب به كالزكام، وإنما ينتقل بوجه عام فقط عن طريق نقل الدم أو إبر الحقن المشتركة أو الخدوش، وعلى الأغلب عن طريق الاتصال الجنسي الشاذ، أو عبر المشيمة من الأم المصابة إلى جنينها، ولكن من النادر كثيرا أن ينتقل عن طريق الجماع الطبيعي في حالة الزواج من واحدة فحسب؛ على أن ديزوڤيتش يورد، خلافا لهذا التعميم الأخير، الاكتشاف المحير لنسبة صغيرة من مرضى الإيدز في هاييتي هم في حالة زواج طبيعي ومن شريك

واحد فقط من الجنس الآخر. ويعتقد بعض الخبراء أن الإيدز كان لمدة طويلة وباء في أفريقيا وأنه ظل غير ملاحظ. ولكن ديزوفيتش يستبعد هذه الرؤية على أساس أن أعراض المرض لافتة للنظر ومتميزة لدرجة أن أغبى الأطباء لا يمكن أن يخطئها. على أن فحص عينات من المصل البشري المجمدة المأخوذة من أفريقيا الوسطى عام 1959 أثبت وجود عينة تحوي مضادات أجسام مقاومة لفيروس الإيدز، في حين أنه لم يعثر على عينات إيجابية بالإيدز بين عينات مصل مجمد أوروبي أو أمريكي عائد إلى تلك الفترة من الزمن.

ولقد عثروا في دم قردة أفريقيا على فيروسات ذات قرابة مع فيروسي الإيدز المعروفين، الأمر الذي جعل الناس يتساءلون: هل بدأت جائحة الإيدز بانتقاله من القردة إلى الإنسان. إن ديزوفيتش يستبعد هذه الإمكانية على أساس أنه لم يسمع قط أن أفريقيا اغتصب قردا، ولكن نوارو Noireau يستشهد في عدد حديث من مجلة The Lancet بكتاب وضعه الأنثروبولوجي كاشامورا Kashamura، عن العادات الجنسية عند الشعوب القريبة من البحيرات الكبرى الأفريقية وعن ثقافاتها. ويقول: «لكي يرفع الرجل أو المرأة من شدة فعاليتهما الجنسية يحقنان نفسيهما عند الفخذين أو منطقة العانة أو الظهر بدم قرد ذكر للرجل وأنثى للمرأة». ولقد تم تأليف الكتاب قبل ظهور الإيدز[14]. كما أن هذا الوصف صادق على الأرجح لأن كاشامورا من منطقة البحيرات الكبرى. وقد ألف كتابه عن عادات شعبه هو نفسه. لذلك يستنتج نوارو أن «هذه الممارسات السحرية يمكن أن تعد نموذجا لتجربة فعلية في انتقال المرض. فلا يستبعد أن تكون مسؤولة عن ظهور الإيدز عند الإنسان».

هل ثمة أمل في إعاقة انتشار الإيدز أو في إنقاذ ضحاياه؟ «إننا لا نستطيع - تبعا لديزوفيتش - أن نتطلع إلى علاج كيميائي سحري معبأ في حبوب تسعف المرضى. ولكن البحث عن علاج كيميائي مازال ضروريا لمحاربة فعالة لأي من الأمراض الفيروسية - فما بالنا بالإيدز».

وفي واقع الأمر عرض في الأسواق منذ عدة سنوات عقار شديد الفعالية ومضاد لطائفة القوباء (وهي مرض جلدي) من الفيروسات. ويدعى هذا العقار أسيكلوفير acyclovir. وقد اكتشفه في عام 1977 إليون Elion و

شيفر Schaeffer وبوَر D. J. Bauer، في مختبرات البحوث لشركة ولّكم، وهو يزيل الآلام ويمنع عقابيل القوباء(*42) التي هي مرض الشيخوخة المعذب. وتقوم شركات الأدوية حاليا بتركيب مئات الأدوية الكيميائة المماثلة للأسيكلوفير يحدوها الأمل بأنه قد تثبت فعالية أحدها ضد الإيدز.

إن البحث يتسارع الآن حول جوانب الإيدز كلها. وقد طالبت مصلحة الصحة العامة في أمريكا بـ 351 مليون دولار في عام 1987 و471 مليون دولار في عام 1988 لدعم هذه الأبحاث.

ثم إن العديد من العلماء الجيدين تركوا عملهم الذي ألفوه لكي يدرسوا فيروس الإيدز ومهاجمته للجهاز المناعي. فلم تمض سوى أربع سنوات على اكتشافه حتى حلوا رموز مورثته، ووصفوا طريقة نسخه، كما أعطوا جردا بالجزيئات المكونة له، وحددوا نوع خلايا الدم البيضاء التي تؤويه. وهذه كلها مقدمات أساسية لعلاجه الجذري. ولكن تطوير لقاح ضد الإيدز يواجه صعوبة في أن الفيروس يطفر بسرعة، بل يحتمل أن يطفر لدرجة التكيف مع الاختلاف الطفيف عند كل فرد. وعلاوة على ذلك، لا يصاب به شخص ما حتى يغدو وجود مضادات الأجسام المقاومة للفيروس غير قادرة بالضرورة على تجنب تطور المرض، ولربما كان سبب ذلك هو أن صبغي فيروس الإيدز يصبح مندمجا في صبغيات خلايا الدم البيضاء عند المضيف، بحيث يصبح الفيروس جزءا من النظام الوراثي عند المضيف نفسه.

وفي الولايات المتحدة تنسق مؤسسة الصحة الوطنية أبحاث الإيدز. وقد جندت بعض أفضل الباحثين في علم الفيروسات والبيولوجيا الجزيئية والكيمياء الحيوية للعمل في هذه المسألة. وهناك أمل كبير في أن يجد هؤلاء العلماء البارزون سبلا لمنع انتشار هذا المرض الرهيب ولإنقاذ ضحاياه. وتقوم في بريطانيا مستشارية البحث الطبي الشبيهة بمؤسسة الصحة الوطنية في أمريكا بتعبئة البحث عن لقاحات وعلاجات ضد الإيدز. وهناك جهود مماثلة ماضية قدما في بلدان أوروبية أخرى وستمتد عما قريب إلى أقطار العالم كافة.

تنبع قوة كتاب ديزوفيتش من تعاطفه ومن تجربته الطبية الواسعة في العديد من أنحاء العالم. فوصفه مثلا لانتفاخ الرئة عند المدخنين لا ينتهي عند تحليل ظواهره المجهرية، بل عند ذكرى صديق قديم، هو التقني الرئيسي

في المدرسة الإنجليزية للطب المداري، وكان مدخنا مدمنا، وقضى نحبه بسبب المرض. ولا تكتفي دراسته لعلم الأوبئة في المناطق المدارية بالإحصاءات، بل تمضي إلى ما هو أبعد، إلى المشكلات اليومية في حياة الناس الفقراء. ويقدم الكتاب للإنسان العادي في الولايات المتحدة كثيرا من النصائح الملموسة حول التلقيح والحمية وأسلوب الحياة، كما يقدم لكل إنسان يهتم بالصحة العامة معلومات كثيرة مثيرة للجدل حول المرض الذي يمكن الوقاية منه. ويحاول ديزوفيتش أن يجعل الإنسان العادي يفهم كيف يعمل الجهاز المناعي على مستوى الخلية. ولكنه خيب أملي لأنه لا يشرح آليته الجزيئية الآسرة التي كان حل لغزها من أكبر الانتصارات الحديثة للبيولوجيا الجزيئية[15].

تكمن مواطن ضعف الكتاب في أخطاء عرضية، وبخاصة في الكيمياء الحيوية، وفي ازدرائه علم الطب البيولوجي الأساسي الذي «لم يشف أي إنسان»، مع أن لهذا العلم الفضل في العديد من المنجزات الطبية التي ورد وصفها هنا، كلقاح سابين Sabin Vaccine ضد شلل الأطفال. وفي الهفوات العرضية التي تراوح بين الشائع والسخيف، مثل المحادثة التخيلية الأخيرة بين ديزوفيتش وزائر وزميلين ادعوا بأن التغلب على الملاريا هو مشكلة مالية فقط، أو رأيه في أن باستور ربما أجل تجربة حاسمة لأن زوجته قد قالت له: «هل أنت ذاهب اليوم إلى المختبر يا لويس؟! اليوم هو عطلة نهاية الأسبوع وقد وعدت بأن تسلّك المرحاض». ترى كيف يمكن لأمريكي كان قد عاش في أوروبا أن يتخيل امرأة من الطبقة البورجوازية الفرنسية في نهاية القرن الماضي، يمكن أن تبلغ بها الجرأة بأن تطلب إلى زوجها أن يهين نفسه في مهمة كان يمكن أن تتركها لخادمتها؟ وحتى في يومنا هذا لا يمسك بمنفضة الغبار سوى قلة من الرجال الفرنسيين. ثم إننا نقرأ بعد قليل أن باستور «مقتصد مثله مثل أي باحث في أيامنا هذه يحرص على تنظيم إنفاقه». وهذا يدعونا لأن نفترض ضمنا أن باستور كان رجلا يعتمد على منح البحوث التي يتلقاها، لا عالما يعمل في زمن تقشف لم يكن قد وجد فيه دعم الدولة المنظم للعلم، وكان على الباحثين أن يسيروا أمورهم بأدوات بدائية يدفعون ثمنها من جيوبهم الخاصة. ويكتب ديزوفيتش «a bacteria» [قاصدا بها جرثومة واحدة بينما هي تعني جراثيم]. وهو لا يريد أن يخبرنا

بأنه متزوج من «a women» [أي نساء]، فلماذا إذن ينكر الجراثيم على (البكتريا) المسكينة صيغة الفرد a bacterium؟

ومع ذلك هذه أخطاء تافهة في كتاب يمكن أن يكون الأول الذي يشرع بوضوح للإنسان العادي وسائل دفاعنا الطبيعية ضد الخمج[*43].

## المزيد عن المناعة[*44]

«غريزتي تحدثني عن ذلك الحب تجاه الأشياء... إنها تقول لي إني لا أستطيع أن أتكيف لأجاري الناس... ويراودني الظن بأني كنت إلى حد ما شديدة الصراحة معهم. فأنا واضحة جدا، وهم لا يستطيعون مجاراتي في ذلك». ترى هل صرف ذلك الفشل [عن مجاراة الناس] عواطف آنّا بريتو Anna Brito نحو كريات الدم البيضاء؟ لقد جسدت قول بيتر ميداور بأن العالم ليس شخصا ينحصر عمله في فتح باب الاكتشاف. لأن «البحث، عند كل مستوى من مستويات السعي في العلم، هو تعهد مهمة ما بكل حماس»[16] وحين التقت جون جودفيلد (مؤلفة الكتاب) بآنا في معهد للسرطان بنيويورك، أسرتها آنّا بتفانيها الخيالي المتقد في بحثها، فقررت أن تراقب آنّا وزملاءها في العمل، كما كانت جين جودأول Jane Goodall تراقب قردة الشمبانزي وهي تصرف شؤون حياتها اليومية في غابة أوغندا. فلكي تتفهم جودفيلد سلوك هذا النوع الغامض من الإنسان العاقل العالم، أخذت تراقب موطنه الطبيعي ـ المختبر ـ بكل إخلاص وتسجل كل كلمة أوحركة أو إيماءة. وحين لم تكن آنّا مراقبة فعلا جعلتها جون تسجل أفكارها على شريط تسجيل. وقد احتاجت جودأول إلى عدة شهور من الصمت والصبر وهي تنتظر حتى تتقبل الشمبانزيات وجودها كجزء من الغابة، وتتصرف كما لو أنها لم تكن موجودة معها. لذلك أتساءل: هل تصرف «نوع» الناس الذين راقبتهم جودفيلد باستمرار كما لو أنهم غير مراقبين أيضا؟ إن المرء ليراوده الظن أحيانا بأنهم يستجدون رضا مراقبيهم بأقوال أو أفعال تلاقي قبولا أو استحسانا لدى هؤلاء.

إن بطلة القصة التي تتحدث عنها مؤلفة الكتاب هي ابنة وحيدة لزوجين برتغاليين ثريين كان يتوقع لها أن تنمي في نفسها فضائل ابنة من طبقتها، فتتزوج وتنجب أطفالا. ولكنها قررت بدلا من ذلك أن تدرس الطب. وفي

أثناء سنوات تعاملها مع المرضى أدركت أنها لن تستطيع العمل وهي ترى الناس يتألمون. لذلك اتخذت بعد تخرجها سبيل البحث بدلا من ممارسة الطب. فالتحقت بمختبر للبيولوجيا بنته حديثا مؤسسة جولبنكيان Gulbenkian ثم أرسلت إلى لندن لدراسة علم المناعة.

ولما كانت السلطات البرتغالية متلهفة على طريقة أهل الجنوب لكسب إعجاب مضيفي آنّا من الإنجليز، فقد أخبرتهم بأنها أرسلت إليهم فتاة متمرسة في البحث التجريبي وطليقة اللسان باللغة الإنجليزية. ولكن الدكتورة فيرا المشرفة على آنّا فوجئت بدلا من ذلك بفتاة شابة صامتة لم يسبق لها أن قامت بتجربة واحدة في حياتها. فوجدت لها عملا لا تستطيع فيه على الأقل أن تفسد شيئا، وأعطتها مجهرا، وطلبت إليها أن تتفحص مقاطع رقيقة قصت عبر طحالات بعض الفئران وعقدها اللمفاوية. وكانت بعض هذه الفئران قد أزيلت منها الغدة الصعترية (وهي غدة صغيرة في العنق) بعد الولادة مباشرة، والأخرى طبيعية. وطلبت الدكتورة فيرا إلى آنّا أن تبحث عن الفرق بين أنسجة النوعين من الفئران. وقد فسرت جودفيلد هذا العمل بأنه كان معنيا بنمو دفاع الحيوانات تجاه الخمج (العدوى)، وربما أيضا تجاه السرطان. وهذا الدفاع هو من اختصاص خلايا الدم البيضاء التي تدعى الكريات اللمفاوية lymphocytes ومنشؤها في نقي العظام. إلا أن الدفاع لم يكن يقوم، لأسباب غامضة، بوظيفته عند الحيوانات التي كبرت من دون غدة صعترية. لذلك، ولكي تكتشف دور الغدة الصعترية، طلبت الدكتورة فيرا إلى آنّا أن تنظر في العقد اللمفاوية وفي الطحال حيث تفضل الكريات اللمفاوية أن تتجمع.

ثم عن أي شيء تبحث؟ إذ بينما يمكن للكريات اللمفاوية عادة أن تحمينا من السرطان، نجد أنها تتكاثر جدا في بعض السرطانات كسرطان الدم (اللوكيميا) ومرض هودجكن Hodgkin disease. لذا قد يزودنا البحث في الكريات اللمفاوية بمفاتيح آليات المناعة وأسباب السرطان. إذن ليس هناك مجال للبحث أهم من هذا، كما لا يوجد سوى القليل من المجالات الأصعب منه، سواء من الناحية التقنية أو من الناحية النظرية المجردة. فهذه الخلايا اللمفاوية هي، كالجراثيم، خلايا منعزل بعضها عن بعض، ولكن التعامل معها أصعب بكثير، لأنها أكثر حساسية بكثير، فهي تموت بالحرارة أو

البرودة، وبالإكثار من الملح أو بالإقلال منه، وبالخمج الجرثومي أو الفيروسي، أو بالمغذيات الخطأ. إن مظهرها اللطيف تحت المجهر يخفي حشدا من الأغشية والأعضاء الصغيرة التي تسيِّر حياتها. كما أن سطوحها مزودة بمجسات تميز العدو من الصديق. أما كيمياؤها فهي عالم لا يصدق من التعقيد، وحين تغير سلوكها، يلعب السبب والنتيجة مع المراقب لعبة الاستغماية (طميمة).

لقد انسحبت آنّا مع شرائح الدكتورة فيرا إلى إحدى الزوايا، وبعد شهر من التحديق في المجهر، أيقنت أنها اكتشفت شيئا، ولكن سرعان ما فطنت إلى أن هذه الحقائق لن تتحدث عن نفسها، وأنها من دون معرفة باللغة الإنجليزية لن تستطيع الحديث عن تلك الحقائق. وقد ظلت هكذا، مدة ثلاثة أشهر بعدها قالت لها الدكتورة فيرا إن الوقت قد حان لأن تعود إلى لشبونة. ولكن غضب آنّا أخرج من فمها الكلمات الضائعة. فهي لاحظت أن بعض مناطق الطحال التي تكون عادة مملوءة بالكريات اللمفاوية، كانت فارغة في طحالات الفئران المنزوعة الغدة الصعترية، في حين أنه كان هناك الكثير من الكريات اللمفاوية المحتشدة في مناطق أخرى من هذه الطحالات، الأمر الذي جعل آنّا تدرك أنه لابد من أن هناك على الأقل جماعتين من الكريات اللمفاوية، وأن الجماعتين معا تنشآن في نقي العظام. ولكن إحداهما لا تحتاج إلى عضو آخر لإنضاجها، في حين أن الأخرى يجب أن تنضج في الغدة الصعترية. وقد لاحظت أن هاتين الجماعتين المختلفتين تستوطنان مناطق مختلفة في الطحال. ولكن يظل السؤال: كيف يمكن للكريات اللمفاوية أن تعرف إلى أين تذهب؟ وما الذي يوقفها عندما تصل إلى هناك؟ وهكذا سيطرت هذه الأسئلة منذ ذلك الوقت على أفكار آنّا وعلى أعمالها.

وبعد قضاء سنتين في لندن عادت آنّا إلى لشبونة وهي تتوقع ترحيبا حارا، ولكن اكتشافها لم يحدث أي أثر بين زملائها هناك، وظلوا غير مبالين تجاه أسئلتها الحيوية. فوجدت أن عبقريتها المتأججة تضيع بين أناس مغرورين وبإمكانات متواضعة. لذا انتزعت نفسها بعيدا عن وطنها وعائلتها وتسلمت وظيفة محاضر في جامعة جلاسكو. وفي أثناء ذلك اكتشف باحثون آخرون أن المناعة تحتاج إلى تعاون نوعين مختلفين من

الكريات اللمفاوية. فتساءلت آنّا عند وجودها في جلاسكو ما الذي يشد أحد هذين النوعين إلى الآخر. فاكتشفت بدلا من ذلك أن الكريات اللمفاوية المتحدرة من الغدة الصعترية، تفرز عاملا يمنعها من الانضمام إلى الكريات اللمفاوية الآتية مباشرة من نقي العظام. فكتبت إلى جودفيلد: «إن اكتشافي صحيح، وإني أكاد أطير بشأنه حتى لأكاد أتفجر». وسطرت بكل عناية رسالة متزنة إلى مجلة نيتشر Nature حول اكتشافها، ولكن حين لم تحرك هذه الرسالة ساكنا في دنيا المناعة شعرت بأنها أشبه بمحب منبوذ.

ومن يهتم لذلك؟ ولماذا عليّ أن أعتقد بأنه أمر ذو بال؟ ولماذا أعتقد بأنه على عاتقي تقع مسؤولية البرهان والبحث عن الدليل على فكرة معينة، عندما أكون متأكدة من أن مئات الأشخاص الآخرين يستطيعون فعل ذلك، وبأني إذا مت غدا فلن يكون لذلك أدنى أهمية؟ كما لا أدري إن كان جيم واتسون وفرانسيس كريك قد أصيبا يوما باليأس. ولكن القوة اللازمة للاعتقاد بأن ما تعتقد به أنت جدير بالمتابعة، هي بالنسبة للأكثر تواضعا منا قوة كبيرة جدا [وقد وجد كاتب هذه المراجعة أن قوة أكبر حتى من هذه ضرورية أحيانا لكي يتخلى الإنسان عن عقائده]... وقد فكرت لأول مرة بوجود تطبيقات عملية قيمة لفكرتي إن كانت صالحة... وكان قد تبين سابقا أن المرضى المصابين بخلايا مهاجرة [وهي خلايا سرطانية تنتشر في الجسم]، يكون لديهم عدد قليل من الكريات اللمفاوية المتجولة. فمن الممكن على الأقل أن تكون الأشياء البسيطة قد عثر عليها الآن في حال الخلايا المهاجرة. لأننا لو تدبرنا وسيلة لاقتفاء أثرها، لأصبح لدينا جهاز إنذار مبكر، يكتشف توزع الخلايا المهاجرة.

ولقد أدت تحليقات الخيال هذه بآنّا إلى دراسة مرض هودجكن. وهو سرطان يسبب انتفاخ العقد اللمفاوية، في حين يمكن أن يفتقر الدم عندئذ للكريات اللمفاوية. فتساءلت آنّا: هل احتجزت هذه الكريات في مكان ما، وإذا كانت قد احتجزت فأين؟ وما الذي احتجزها؟ وكان لابد لها لكي تختبر أفكارها هذه من الحصول على دعم بعض المصابين بمرض هودجكن وسائلهم اللمفاوي وعينات من نسيجهم. فللحصول على هذه الأشياء تخلت عن وظيفتها الثابتة كمحاضرة جامعية، لتتسلم وظيفة غير ثابتة كباحثة في معهد السرطان ومستشفاه في نيويورك. وهناك تروي لمترجمة حياتها:

لم يعد لدي شك اليوم حول كوني محقة فيما أفكر فيه... لا أستطيع أن أصدق الدليل الماثل أمام عيني بأن مرض هودجكن يمكن أن يكون شكلا من الإيكوتاكسوباتي(*45) [وهذا اصطلاح يفرض نفسه، صاغته آنّا لتعبر به عن الخلايا التي تستوطن نسيجا تستهدفه]... لن أفكر بشيء آخر لمدة أربع سنوات. سأكتفي بالتجارب إلى أن تعلن النتائج عن نفسها... ولو نظر المرء في أبهاء المستشفى إلى وجوه الزوار المرعبة من شدة القلق، لانتابه شعور بأن هناك حالة مستعجلة.

ولكن هذه المشاعر لا تشاركها فيها للأسف اللجان التي توزع منح الأبحاث؛ فجميع طلباتها مرفوضة، ربما لأنها لم تتلق من لجان المنح سوى رد واحد شبيه بالرد الذي تلقاه المتهم من القاضي في كوميديا هنريش كلايست Heinrich Kleist «الإبريق المكسور»: «الحقيقة والخيال معجونان معا في رأسك كما لو كانا في قالب حلوى، ومع كل شريحة منه تعطيني بعضا من كل منهما».

فباشرت آنّا العمل مع طبيبة صينية سبق أن خصصت سنوات عديدة لتسجيل جوانب مرض هودجكن عند أكثر من 250 مصابا، وذلك بأمل أن تعثر على أصول هذا المرض. وهكذا ظلت آنّا لأسابيع وهي تتصفح هذه السجلات. وبعد جلسة ماراثونية استمرت من الصباح الباكر حتى ساعة متأخرة من الليلة التالية، سمعنا صرخة «أوريكا». لأنها اعتقدت بأن السجلات تشير إلى جواب بسيط. إن تعداد الكريات اللمفاوية في الدم، يرتفع قبل أن ينخفض محتواه من الحديد مباشرة. وفضلا عن ذلك تحمل الكرية اللمفاوية على سطحها عند المريض بروتينا يخزن الحديد. فالحديد إذن هو مفتاح السر!

فراحت آنّا تبحث بوحي من إحساسها الباطني عن علامات عيب في أيض (استقلاب) الحديد بطحال المرضى. وقد حاولت أن تثبت أن هذا العيب الوظيفي لابد أن يظهر بالفلورة عندما ينظر إلى الخلايا عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي. وقد وجدت آنّا هذه الفلورة. ولم يكن قد سبق لأحد غيرها أن لاحظها، وبررت ذلك بأن أحدا لم ينظر، وهو لم ينظر لأنه لم يكن يحمل في ذهنه النظرية الصحيحة. أما الآن فقد أصبحت الروابط بين الحديد ومرض هودجكن وأنواع السرطان الأخرى تملأ الأسماع أينما

التفتّتْ. إن نسبة الإصابة بمرض هودجكن هي واحدة عند الجنسين قبل البلوغ، ولكنها تصبح بعد البلوغ أكبر عند الذكور. وهذا واضح لأن الحديد ينقص عند الفتيات نتيجة للطمث. وقد قرأت آنّا عن ظهور متكرر لمرض هودجكن في شيفيلد بإنجلترا، والسبب في ذلك واضح لأن شيفيلد ممتلئة بمصانع الفولاذ. وقد وجدت أن طحالات المرضى بسرطان الغدد اللمفاوية مترعة بالحديد. واكتشف زملاء آنّا عاملا يحرّض خلايا الدم البيضاء على تكوين مستعمرات، وبخاصة عند المرضى بسرطان الدم. كما وجدوا أيضا عاملا مضادا يمنع تكوين المستعمرات. وقد تكوّن لدى آنّا إحساس بأن هذا العامل يمكن أن يكون بروتينا يربط الحديد بقوة، وقد تبين أن فكرتها صحيحة. وهنا وجدت أخيرا الجواب عن السؤال الذي طرحه أول جزء من بحثها: ترى ما الذي يوجه تنقلات الكريات اللمفاوية؟ إنه الحديد.

وتروي آنّا لمترجمة حياتها «كنت أقضي 24 ساعة في اليوم وأنا أفكر فقط». (ولكن ماذا عن قرارها بأن تتوقف عن التفكير أربع سنوات وأن تثابر على التجريب؟) «وأقول في نفسي إذا كان هذا كله صحيحا، عندئذ تكونين قد زدت التعرض لنمط واحد من الحديد... ولذا يمكن أن تتوقعي... كثيرا من الحديد في الدم. وكان هذا توقعي، واليوم تبين أنه صحيح. لقد حققنا خطوة مهمة إلى الأمام في فهمنا لسرطان الدم (اللوكيميا). ولا أفترض أن هناك إنسانا سيصدقني، ولكني أصدق نفسي». وهذا يذكرني برسالة وجهتها لحمي (أبي زوجتي) كتبتها عام 1949، وقد وجدتها منذ عهد قريب. وفيها كنت أعلن بصوت عال أني قد حللت بنية الهيموغلوبين، أي بروتين خلايا الدم الحمراء، وهي مسألة كنت أعمل بها منذ عام 1937. وبعد أشهر قليلة برهن لي كريك على أن حلي كان غير ذي معنى.

ترى هل أفكار آنّا صحيحة؟ إن الذين قضوا حياتهم في دراسة مرض هودجكن متشككون. وقد قال لها مدير معهدها بلطف: لو كان الحديد مهما لمرض هودجكن لكان للتغيرات في نظام المرضى الغذائي أثر في سيره، ولكنها لا تحدث أثرا. وإنما يجب أن تكون هناك رابطة، لم نجدها بعد، بين المرض وبعض الاضطرابات المورثاتية التي تحدث أثرا في أيض الحديد. وفي أحد الأيام زار مختبر آنّا الدكتور هنري كابلان الخبير العالمي بمرض هودجكن. فقال لها: «قد يكون ما وجدته من نهم إلى الحديد هو

مجرد عمل إضافي تقوم به الخلايا حين تُنشَّطُ، فهو تفاعل ثانوي وليس سببا رئيسيا. أعتقد أن دراستك للحديد وللبروتينات الرابطة للحديد رائعة. ولكن لا تتعجلي السير نحو مجموعة خاصة من الجزيئات، لأنك ستجدين أن هذا ليس سوى شيء تافه كأنه علبة ديدان». ولكن آنّا كانت صماء تجاه اعتراضاتهم وظلت ملتزمة بإيمانها في كون مرض هودجكن في الدرجة الأولى خللا في شحن خلايا الدم البيضاء بالحديد. إنها بالأحرى كسيدة حديدية أخرى[*46] ظلت مخلصة لنظام العملة (كناية للحديد)، على الرغم من كل الأدلة على أنه كان يزيد حالة المريض سوءا. ولابد أن يكون آخرون قد لفتوا انتباه آنّا بأنه لو كان السبب الرئيسي للمرض هو خطأ في أيض الحديد، بدلا من أن يكون نتيجة لتكاثر الخلايا المتحدة من خلية طافرة واحدة، أو هو خلايا أصبحت مسرطنة بتأثير فيروس لايزال مجهولا إلى الآن، كما يُعتقد على نطاق واسع، لكان لابد أن تكون قابلية الإصابة به موروثة. ولكن ليس هذا هو الحال.

تقول آنّا: «أتوق لأكون مسنة وأستاء من أن أفكار المرء قد لا تساوي بنسا واحدا قبل بلوغه الخمسين». والواقع أن نظريات السرطان تشكل مرضا مهنيا بين المسنين الحائزين جائزة نوبل، ولا يأخذها على محمل الجد سوى قلة من العلماء. فـ أوتو واربورج Otto Warburg، الذي ربما كان أكبر بيوكيميائي ألماني على الإطلاق، كان يعتقد حتى مماته بأن الخلايا السرطانية يمكن أن تحصل على طاقتها من دون أكسجين، وأنها لذلك تختلف عن الخلايا الطبيعية. وفي أحد الأيام زرته في معهده المخصص للبحث في الخلية، وهو أشبه بقلعة أنيقة من عصر الروكوكو[*47] في ضواحي برلين. وعند المدخل واجهني تمثال جذعي بالحجم الطبيعي لواربورج، ثم استقبلني واربورج الحقيقي بدماثة في مكتبته. وسرعان ما تحول حديثه إلى نظريته في السرطان وقال: «حاضرت عنها منذ أيام. فهل تعرف ما الذي جرى؟ وقف بعدها أحد الطلبة وعارضني. لقد عارضني طالب وأنا حائز جائزة نوبل! لم يحدث ذلك قط في الأيام الماضية، فـ «ولشتاتر Willstatter (كيميائي شهير) كان سيسحقه بنظرة غاضبة». فهل هذا الوضع هو ما تتوق إليه آنّا؟ ويعتقد أحد الكيميائيين الأمريكيين الكبار الآن بأن جرعات كبيرة من الفيتامين C تطيل أعمار مرضى السرطان. والأخطر من

هذا أيضا أولئك الأطباء الذين يعتقدون بمصحات السرطان الروحية. وأذكر واحدا أقنع نفسه وآخرين معه بأن الأورام تتراجع استجابة لمعالجة ابتكرها. وقد أصبح رئيسا لجناح العناية السرطانية حيث كانت لديه كل السلطات الكافية لأن يصب معالجته على مرضاه السيئي الحظ لأكثر من جيلين. مع أنه زاد فقط من آلامهم من دون أن يحصل على أي نتيجة علاجية لأورامهم. ولكن الجمهور القلق ووسائل الإعلام تهلل بلا انقطاع لهؤلاء الأشخاص ويتهمون المتشككين بأنهم يغلقون عقولهم عن كل الأفكار المخالفة لتلك السائدة. وأخشى أن تكون آنّا على الطريق الزلق نحو تلك الجماعة المثيرة للشك وأن تكون جودفيلد قد أصبحت وكيل إعلامها.

هذا كل ما نحتاج إلى قوله عن حبكة القصة. ورواية المؤلفة لها واضحة ومثيرة، وتجعل القارئ مولعا ببطلتها، التي كانت مع ذلك تبدي من حين لآخر قليلا من السذاجة. وقد سجلت على شريطها: «لم أكن كذلك طوال حياتي... إني خائفة لأول مرة في حياتي... خائفة من أن أرتكب خطيئة ما، أو من أن أكون على خطأ، وهذا أمر رهيب، فعلا رهيب». لقد علمت من بعض الذين أبحروا حول العالم بمفردهم أنهم كانوا باستمرار، وطوال طريقهم، خائفين حتى الموت من أن يرتكبوا خطيئة ما. إن هذا الخوف الدائم هو الذي جعلهم متيقظين للإبحار في الاتجاه الصحيح... وتشرح آنّا حالتها مرة أخرى: «إني مشلولة.. مشلولة تماما. فلسبب واحد سيصبح الفيروس أكبر أمر مشتت للانتباه في تاريخ السرطان. وكل من في بيت العلم واقف في ركن منه ووجهه إلى الحائط. هنا كنا نعمل حقا لستة أسابيع ووجدنا شيئا ما.. فهل تعرفين لماذا...؟ لأننا كنا نفكر»... ولكن التفكير ليس كافيا، لابد أيضا من حكم. فمنذ ثلاثين عاما فكر شاب أمريكي مندفع مختص في علم البلورات، ثم راح يسعى هنا وهناك قائلا: «أعطوني مليون دولار وسأحل بنية البروتينات في خمس سنوات». وقد وجد فعلا مُحسنا ساذجا دفع له مليون دولار، ولكنه لم يحل إطلاقا بنية أي بروتين لأن تفكيره كان خاطئا.

وقد صرحت آنّا «كانت المحاضرات التي ألقيتها جيدة، ولكن الشيء الأكثر أهمية هو المنظور الذي اكتسبته بشأن نفسي، بصفتي المرأة التي هي أنا الآن وبشأن المعنى المضبوط لمكتشفاتنا في منظور تطوري... وتأتي

النشوة من التحقق بأن عملية النمو. نمو ورم سرطاني أو سليم ـ هي عملية موروثة عن الأجداد، هابطة من الشهب». أفٍ! يا له من هراء مدّع! «كم ستكون مثيرة السنوات العشرون القادمة»، ما أشبه هذا بما قد يصدر عن مراهقة بعد أول تجربة لها على المسرح.

على أن الكتاب، على الرغم من الترهات المتأبهة، هو رواية مثيرة لمحاولة فتاة شابة رومانسية موهوبة مصممة على حل مسألة من مسائل الطب الأساسية. ومع أن نظرياتها غير صحيحة على الأرجح، إلا أنها دفعتها إلى اكتشاف جوانب من سلوك الكريات اللمفاوية وكيميائها. وقد أصابني بعض النفور من أسلوبها الانفعالي المتسلط إلى حد ما في عمل البحث، ولكن أي امرئ يريد رواية حية مشرقة تحكي يوما بيوم آمال بحث في مختبر للسرطان وضجره وانتصاراته وخيبات أمله، سيجده موضوعا لقراءة جيدة. ثم إن المؤلفة تستبدل بالمصطلحات الاختصاصية المتقعرة كلمات بسيطة، وتشرح العلم للقارئ غير المطلع شرحا دقيقا واضحا.

## الفيزياء ولغز الحياة[*48]

في أوائل أربعينيات القرن الحالي كان إرون شرودنجر مكتشف الميكانيك الموجي[*49] يعمل في معهد للدراسات المتقدمة في دبلن (عاصمة إيرلندا)، وفي أحد الأيام التقى إيوالد (P. P. Ewald الذي هو أيضا عالم نظري ألماني كان حينذاك أستاذا في جامعة بِلفاست (عاصمة إيرلندا الشمالية). فقدم إيوالد (الذي كان طالبا في جوتنجن قبل الحرب العالمية الأولى) لشرودنجر مقالة كانت قد نُشرت في مجلة Nachrichten aus der Biologe der Gesellschaftder Wissenschaften في مدينة جوتنجن عام 1935. وكان كاتبو المقالة هم تيموفييف ـ ريسوفسكي ـ N. W. Timofeef Ressovsky وزيمر K. G. Zimmer ودلبروك Max Delbruck، وعنوانها «طبيعة الطفرات الوراثية وبنية المورث»[17]. ويبدو أن شرودنجر كان قد اهتم بهذا الموضوع لبعض الوقت، ولكن المقالة استهوته لدرجة أنه جعل منها الأساس لسلسلة من المحاضرات في كلية ترينتي بجامعة دبلن. وفي شهر فبراير 1943، نُشرت هذه المحاضرة من قبل دار جامعة كمبردج للطباعة تحت عنوان «ما هي الحياة؟ الوجه الفيزيائي للخلية الحية».

وقد ألِّف الكتاب بأسلوب ساحر محبب يكاد يكون شاعريا (كقوله «قد نستطيع التنبؤ بزمن حياة عصفور دوري معافى ولا نستطيع ذلك بالنسبة لذرة مشعة»). وقد أثار الكتاب اهتماما واسعا، ولاسيما بين الفيزيائيين الشبان، واستجرّ حتى عام 1948 خمسا وستين مراجعة، وبلغ رصيد مطبوعاته حتى الآن، نحو مئة ألف نسخة. وأصبح منذ ذلك الوقت عملا كلاسيكيا وفّر للمؤرخين وعلماء الاجتماع وفلاسفة العلم منهلا يتزودون منه، فعلقوا عليه أو علقوا على التعليق أو على التعليق على التعليق. وفي عام 1979 قُدمت حول موضوعه أطروحة لنيل دكتوراه فلسفة، فتضمنت 120 مرجعا ماعدا المراجعات الخمس والستين[18]. وكان فرانسوا جاكوب هو أفضل من شرح أسباب هذا الصدى الكبير للكتاب:

عشية الحرب العالمية الثانية اشمأز العديد من الفيزيائيين الشبان من استخدام الطاقة الذرية في أغراض عسكرية. إضافة إلى ذلك، فقد سئم بعضهم من الانعطاف الذي سارت فيه الفيزياء التجريبية، ومن التعقيد الذي فرضه استخدام الآلات الضخمة. فقد رأوا فيه نهاية العلم وبحثوا حولهم عن فعاليات أخرى. فتطلع بعضهم إلى البيولوجيا بمزيج من الحياء والأمل. الحياء، لأنه لم يكن لديهم عن الكائنات الحية سوى أفكار أولية غامضة عن علم الحيوان والنبات مازالوا يذكرونها من أيام المدرسة. والأمل، لأن الأكثر شهرة من كبارهم كان قد صور البيولوجيا علما مفعما بالوعود. وقد رأى فيها نيلز بور مصدرا لقوانين فيزيائية جديدة. وهكذا أيضا شرودنجر الذي توقع لأولئك الذين التحقوا بالبيولوجيا إحياء آمالهم ونشاطهم، ولاسيما الذين انضموا إلى مجال المورثات. فقد كان سماع واحد من آباء ميكانيك الكمومي يسأل نفسه «ما هي الحياة؟» ويصف الوراثة بدلالة البنية الجزيئية والروابط بين الذرية والاستقرار الترموديناميكي، كافيا لأن يجتذب نحو البيولوجيا حماسة الفيزيائيين الشبان وأن يضفي عليهم نوعا من الشرعية [التشديد الأخير من قبلي]. فقد انصبت طموحاتهم واهتماماتهم على مسألة واحدة لا غير، هي الطبيعة الفيزيائية للمعلومات الوراثية[19].

وقد وجد إيليا بريجوجين Ilya Prigogine أن كتاب شرودنجر كان مصدر إيحاء لبحوثه في الترموديناميك اللاتوازني. كما ذكر سيمور بنزر Benzer

وموريس ولكنز Wilkins وجونثر ستنت Gunther Stent أن الكتاب كان حاسما في تحولهم من الفيزياء إلى البيولوجيا. وقال فرانسيس كريك إنه وجده مهما، ولكنه كان سيتحول إلى البيولوجيا على أي حال. ومن جهتي فقد كنت في ذلك الحين في أوج محاولتي حل بنية البروتينات عندما نشر الكتاب، ومن الجائز أنه شجعني باستشهاده بوجهة نظر دارلنجتون Darlington بأن المورثات مكونة من بروتين. وفي عام 1965 كتب كريك:

يبدو أنه كان لكتاب شرودنجر الصغير على الذين دخلوا بعد الحرب العالمية الثانية في موضوع البيولوجيا تأثير من نوع خاص. فقد كانت النقطة الأساسية فيه هي أن البيولوجيا تحتاج إلى استقرار الروابط الكيميائية وأن الميكانيك الكمومي هو الوحيد الذي يستطيع تفسير ذلك. وهذه النقطة لا يشعر بضرورة تأكيدها سوى الفيزيائيين. ولكن الكتاب كان جيد التأليف إلى أبعد الحدود، وحمل إلينا بطريقة مثيرة الفكرة القائلة إن التفسيرات الجزيئية لا يؤمل بأن تكون مهمة إلى أبعد الحدود فحسب، بل كانت أيضا غير بعيدة المنال. وهذا ما كان قد قيل سابقا، ولكن كتاب شرودنجر صدر في الوقت المناسب تماما وقد جذب الناس الذين كان من الجائز أنهم ما كانوا ليدخلوا عالم البيولوجيا إطلاقا من دونه[20].

على أن كريك أضاف في عام 1971: «لا أستطيع أن أتذكر أي مناسبة ناقشت فيها جيم واتسون حول الحدود التي يقف عندها كتاب شرودنجر. وأظن أن السبب الرئيسي في ذلك هو أننا كنا متأثرين بشدة بـ (باولينج) Pauling الذي كانت لديه أساسا المجموعة الصحيحة من الأفكار. لذا لم نبدد قط أيّ وقت في مناقشة ما إذا كان علينا التفكير على طريقة شرودنجر أو على طريقة باولينج، بل بدا لنا أن علينا وبكل وضوح، اتباع الأخير»[21].

كما أني لا أذكر أنني وكريك وواتسون وجون كندريو Kendrew، قد ناقشنا صلة كتاب شرودنجر بالبيولوجيا الجزيئية البنيوية خلال السنوات التي قضيناها معا في مختبر كافنديش. وقد كتب ستانلي كوهن Cohen: «إن قلة العلميين العديدين المشاركين في مقرر دلبروك Delbruck's Phage Course في كولد سبرنج هاربر في عام 1944، كانوا قد قرؤوا كتاب شرودنجر[22]. «وفي جميع المناشط الاجتماعية والفكرية التي نُظمت خلال العطل الصيفية التي تلت الحرب، لا أذكر أن أحدا قد أتى على ذكر شرودنجر». وكان

المشاركون في هذا المقرر يضمون طليعيين في علم المورثات الجزيئية والبيوكيمياء، من أمثال سلفادور لوريا Salvador Luria وألفرد هرشي Alfred Hershey وأندريه لفوف Andre Lwoff وجاك مونو وجان براشيه Jean Brachet. فالكتاب إذن كما يبدو لم يكن له أثر كبير في الأشخاص الذين كانوا في الأصل يعملون في هذا الميدان.

ولقد وضع شرودنجر كتابه للقارئ العادي. فهو يبدأ بفصل عن «تناول الفيزيائي التقليدي للموضوع»، ويتساءل: كيف يمكن لحوادث في المكان والزمان، وتقع في متعضية حية، أن تفسرها الفيزياء والكيمياء. «فما نعرفه عن البنية المادية للحياة أصبح كافيا لأن يقول لنا لماذا بالتحديد لا تستطيع الفيزياء الراهنة تفسير الحياة. ويكمن هذا الفرق (بين الظواهر الفيزيائية وظواهر الحياة) من وجهة النظر الإحصائية. إذ لا يخطر على البال تقريبا أن القوانين وأنماط الانتظام التي اكتشفتها (الفيزياء) حتى الآن، هي ذاتها التي يجب أن تُطبق مباشرة على سلوك المنظومات التي يبدو من ظاهرها، أن بنيتها تختلف عن البنية التي أرست هذه القوانين وأشكال الانتظام قواعدها عليها». وقد قفز شرودنجر إلى هذا الاستنتاج بعدما قرأ أن المورثات هي جزيئات من نوع خاص، وتحوي كل خلية نسختين منها ليس إلا. وكان شرودنجر قد دخل جامعة فيينا في عام 1906. أي في السنة التي توفي فيها لودفج بولتزمان Boltzman. فتعلم في الجامعة على أيدي تلاميذ بولتزمان. وهكذا ظل طوال حياته متأثرا بأفكار هذا الأخير، الذي ينص ترموديناميكه الإحصائي على أن سلوك الجزيئات الفردية لا يمكن التنبؤ به، ولا يمكن التنبؤ إلا بسلوك أعداد كبيرة من الجزيئات. لذا يخلص شرودنجر إلى أننا في علم الوراثة «نواجه آلة مختلفة كل الاختلاف عن الآليات الفيزيائية الاحتمالية». ويشكل هذا الفارق الموضوع الموجه لهذا الكتاب.

ففي الفصل الأول، يوضح شرودنجر معنى الترموديناميكي الإحصائي بإيراد أمثلة عن قانون كوري Curie وعن الحركة البراونية والانتشار وعن القاعدة «الجذر التربيعي لـ n». وفي الفصلين التاليين يتحدث عن آليات الوراثة والطفرات، ويعطي مداخل مختصرة ومبسطة تفضي إلى معارف مدرسية في هذه المواضيع بحسب ما كانت متاحة في ذلك الزمن. وقد

كشفت هذه المقدمات إحدى الأفكار المهمة الخاطئة في ذهن شرودنجر. فقد كتب «إن الصبغيات هي في الوقت نفسه شرعة القانون وسلطة التنفيذ في الخلية الحية». في حين أن البيوكيميائيين كانوا قد أثبتوا أن السلطة التنفيذية تنحصر في الأنزيمات التي تقوم بعمل الحفّارات. وفي عام 1941 اكتشف بيدل W. G. Beadle وتاتوم E. I. Tatum أن كل مورث يحدد نشاطا أنزيميا محددا[23]. ولقد أدى هذا الاكتشاف إلى فرضية التقابل بين كل مورث وإنزيم، هي فكرة سبق أن ألمح إليها البيوكيميائي والمورثاتي هالدين من كامبردج[24]، ثم أصبحت فكرة مركزية لفهم البيولوجيا. ولكن يبدو أن شرودنجر لم يسبق له أن سمع بها.

أما الفصلان التاليان فهما العمود الفقري للكتاب، وعنوانهما: «بيّنة الميكانيك الكمومي» و«نموذج دلبروك تحت المناقشة والاختبار». وكان وادّينجتون Waddington[25] أول من اكتشف أن هذين الفصلين هما إلى حد كبير إعادة صياغة للمقالة التي نشرها تيموفييف وزيمر ودلبروك في عام 1935. وقد نشرت هذه المقالة في خمس وخمسين صفحة، وهي مقسمة إلى أربعة أجزاء، كتب الجزء الأول منها تيموفييف، ووصف فيه نتائج الأشعة السينية وأشعة جاما في طفور المورثات (أي في وصف ما يسمى نتائج الطفرات الوراثية Mutagenic Effects) عند ذبابة الفاكهة Drosophila Melangaster. وقد بين أ ن معدل الطفرات التلقائية عند هذه الذبابة منخفض، وأن هذا المعدل يرتفع إلى ما يقرب من خمسة أمثاله عند رفع درجة الحرارة 10 درجات مئوية. أما الإشعاعات المؤيِّنة فتزيد هذا المعدل تزايدا خطيا مع الجرعة، وهذا بصرف النظر عن توزيعها الزمني وعن طول الموجة وعن درجة الحرارة أثناء التشعيع.

وكان الجزء الثاني من المقالة من تأليف زيمر، وقد طبق فيه نظرية الهدف Target Theoryعلى نتائج تيموفييف، فوجد أن عدد الطفرات X يعطى بالعلاقة $X = a(1-e^{-kD})$، حيث a وk ثابتان وD هو الجرعة. وبعدئذ يتساءل زيمر: هل حدثت الطفرات نتيجة لامتصاص الكموم Quanta مباشرة، أم نتيجة لمرور الإلكترونات الثانوية عبر حجم حساس، أم نتيجة لتوليد أزواج من الأيونات. وإذا قيست الجرعة بالرونتجن Roentgens، تناقص عندئذ عدد الكموم المطلوب لإحداث جرعة معية مع تناقص طول الموجة. فامتصاص

الكموم المباشر لا يتسق إذن مع العلاقة الخطية بين عدد الطفرات والجرعة. وهذا ما ينطبق أيضا على الإلكترونات الثانوية. أما عدد أزواج الأيونات فهو وحده المتناسب مع الجرعة، وذلك وضوحا لأن هذه طريقة قياس الجرعة. لذا استنتج زيمر أن ضربة (إشعاع) واحدة تكفي لإحداث طفرة واحدة، وأن هذه الضربة إما أن تتكون من تشكل زوج من الأيونات وإما أن تكون انتقالا إلى طاقة أعلى.

أما الجزء الثالث فكان قد كتبه دلبروك، وهو يحمل بالألمانية العنوان «Atomphysikalisches Model der Mutation» أي (نموذج إحداث طفرة في المورثات اعتمادا على الفيزياء الذرية). وفيه يذكرنا دلبروك بأن مفهوم المورث بدأ على شكل مفهوم مجرد مستقل عن الفيزياء والكيمياء، وأنه ظل كذلك إلى أن رُبط بالصبغيات (الكروموزومات)، ثم بأقسام من الصبغيات قُدِّر أنها من حجم جزيئي. ولما لم يكن لديه هو وزملائه أي وسيلة لاكتشاف الطبيعة الكيميائية للمورثات مباشرة، لذا تعرضوا للمسألة تعرضا غير مباشر بدراسة طبيعة وحدود استقرارها، وكذلك بالتساؤل هل هذه الطبيعة وهذه الحدود متسقة مع المعرفة التي اكتسبوها من النظرية الذرية عن سلوك التجمعات الذرية المعرّفة تعريفا جيدا.

فمثل هذه التجمعات يمكن أن تخضع لانتقالات تلقائية متقطعة للحالات الاهتزازية والإلكترونية، كما أن الانتقالات من حالة اهتزازية إلى أخرى متواترة جدا ولا تؤدي إلى تبدلات كيميائية. أما في حال الانتقالات الإلكترونية فيمكن للتجمعات إما أن ترتد إلى الحالة الأساسية أو تتوصل إلى حالة توازن جديدة بعد خضوعها لإعادة ترتيب ذراتها، كأن تصل إلى شكل توتوميري tautomeric (متساوي الأجزاء). وقد أدت النتيجة التي توصل إليها تيموفييف (وهي أن تواتر الطفرات التلقائي يرتفع إلى خمسة أمثاله عند رفع درجة الحرارة $10^{\circ}$)، إلى جعل دلبروك يستنتج أن طاقة التنشيط[*50] عندئذ هي 1,5 إلكترون فلط، ومتوسط العمر هو بضع سنوات، وحينذاك يكون نصف الجزيئات التي تشكل المورث قد حدثت فيها انتقالات إلكترونية.

وإثر ذلك وصف دلبروك كيف تفقد الأشعة السينية طاقة على الإلكترونات الثانوية على صورة أجزاء وسطيها 30 إلكترون فلط في التأين [الواحد] وهذا يعادل $1000 \times kT$[*51] أو 20 مرة من طاقة التنشيط المساوية

1,5 إلكترون فلط التي رأينا أنها ضرورية لحصول طفرة تلقائية. ولكن لتوليد طاقة مقدارها 1,5 إلكترون فلط، يجب ألا يتم التأين بعيدا جدا عن هدفه. فمعرفتنا عن طرق تبدد طاقة الإلكترونات الضوئية كانت أقل بكثير من أن نعين قيمة الجرعة المطلقة الضرورية، لاستحداث طفرة باحتمال يساوي الواحد (أي لظهورها الأكيد). ولكن هذه الجرعة المعبر عنها بعدد التأينات في واحدة الحجوم، كانت على الأرجح أصغر من عدد ذرات المورث في واحدة الحجوم بما يقرب من 10 إلى 100 مرة. وهنا يحسب دلبروك هذه الجرعة على النحو التالي:

لقد لوحظ أن المتواتر هو أن تحدث نتيجة لتأثير الأشعة السينية طفرة (إيوزين eosin) وذلك بجرعة مقدارها 6 آلاف رونتجن مرة في كل 7 آلاف من الأعراس[*52] .

فلكي يكون احتمال حدوث الطفرة هو الواحد الصحيح (أي أن حدوثها مؤكد) يجب أن تكون الجرعة = $42 \times 10^6$ رونتجن. ومن المعروف أن جرعة مكونة من رونتجن واحد تحدث ما يقرب من $2 \times 10^{12}$ زوج من الأيونات في ملّيلتر (أي سنتمتر مكعب) من الماء، إذن تحدث $42 \times 10^6$ رونتجن في الملّيلتر $10^{20}$ زوج من الأيونات. ولما كان الملّيلتر من الماء يحوي $10^{23}$ ذرة تقريبا، فهذا يعني أن نسبة الذرات التي تصبح مؤينة هو $10^{23} / 10^{20} = 0.001$ (أو 1 من ألف). على أن دولبرك أحجم من قبيل الحيطة على الاستنتاج بأن المورث يتكون من الأرجح من ألف ذرة.

ثم أتى شرودنجر ليستخدم نتيجة دلبروك ويشير إلى «أن هناك حظا وافرا من توليد طفرة عندما يحدث تأين على بعد نحو 10 ذرات عن بقعة بعينها من الصبغي». على أنه في الوقت الذي كان فيه شرودنجر يؤلف كتابه نُشر بحث أثبت أن مثل هذه الحسابات ليس لها معنى. وفي مقالة ظهرت في مجلة نيتشر Nature في شهر يوليو 1944 أشار جوزيف فايس Weiss إلى أن الآثار البيولوجية للإشعاع المؤين، تحدث أساسا نتيجة لتوليد جذور الهدروكسيل وذرات الهيدروجين في الماء المحيط[26]. وبعدئذ اكتشف كولّنسون Collinson ودنتون Dainton وسميث Smith وتازوك[27] Tazuke، وبمعزل عنهم شابسكي Czapski وشفارتز[28] Schwartz، أن ذرات الهيدروجين المفترضة كانت في الواقع إلكترونات مميّهة[29] (متحدة من الماء) Hydrated

electrons: علما أن أيونات الهدروكسيل عمر نصفها 1 مليثانية (مع افتراض تركيز 1 ميكرو مول $H_2O_2$) والإلكترونات المميهة نصف عمرها 0,5 مليثانية. ويمكن في هذين الزمنين أن تنتشر هذه الأيونات إلى أهدافها حتى لو كانت قد تولدت على بعد يزيد على ألف قطر ذري عن هذه الأهداف.

وقد خلص دلبروك من ذلك إلى أنه من السابق لأوانه وصف المورث بوصف أكثر محسوسية مما يلي:

ندع باب التساؤل مفتوحا: حول ما إذا كان المورث المفرد كائنا بوليميريا ينتج من تكرار بنى ذرية متطابقة، أم أن هذا التكرار الدوري لا وجود له، وهل المورثات الفردية هي تجمعات ذرية منعزلة، أم أنها أقسام مستقلة ذاتيا إلى حد بعيد من بنية كبيرة، أعني هل يحوي الصبغي صفا من المورثات المنفصلة الشبيهة بعقد من اللؤلؤ أم أنه متصل Continum فيزيائي كيميائي.

ولقد وجدتُ أن لمقالة تيموفييف وزيمر ودلبروك، ولاسيما قسم هذا الأخير، أثرا كبيرا في النفس. فقد كان دلبروك فيزيائيا نظريا أثارت اهتمامه بالبيولوجيا محاضرة نيلز بور «الضوء والحياة» التي ألقاها في كوبنهاغن عام 1932. فقد قال بور في محاضرته تلك:

يجب أن ننظر إلى وجود الحياة نظرتنا إلى واقع أولي لا يمكن تفسيره، وإنما يجب اتخاذه نقطة بداية في البيولوجيا، أي مثلما هي الحال في كموم الفعل الذي يبدو من وجهة نظر الميكانيك التقليدي في الفيزياء، عنصرا غير معقول، ويكوّن، مع وجود الجسيمات الأولية، أساس الفيزياء الذرية. وعلى الأرجح فإن وجود تفسير فيزيائي أو كيميائي للوظيفة التي تنفرد بها الحياة... مماثل من حيث استحالته المؤكدة لعدم كفاية التحليل الميكانيكي لفهم استقرار الذرات[(30)(53*)].

وقد ألهب البحث عن هذا الواقع الأولي الذي ذكره بور خيال دلبروك، وكان حينذاك في التاسعة والعشرين من عمره فقط ويعمل مساعدا لكل من أوتو هان وليز ميتز، في معهد القيصر ولهلم للكيمياء في برلين ويتابع بحثه البيولوجي كهواية جانبية. ولكن مقالته أظهرت نضجا ومحاكمة واسعة في التفكير لا توجد إلا عند من عمل في مجال البيولوجيا لسنوات. وكانت مقالته واسعة الخيال ورزينة، وقد صمدت تنبؤاتها المصوغة بكل عناية أمام

اختبار الزمن. وقد أهلته مقالته لكسب منحة إلى باسادينيا (كاليفورنيا) ممولة من مؤسسة روكفلر لكي يعمل مع مورجان T. H. Morgan (العالم في مورثات ذبابة الفاكهة). وهناك التقى باولينج Linus Pauling ونشر معه مقالة مهمة في عام 1940. وكانت هذه المقالة هجوما على النظري الألماني جوردان Pascual Jordan الذي طرح فكرة أن هناك تفاعلا كموميا يؤدي إلى الاستقرار، ويتم عمله في الدرجة الأولى بين الجزيئات المتماثلة، أو التي تكاد تكون متماثلة، وهو مهم في العمليات البيولوجية، كتكاثر المورثات مثلا. وقد أشار باولينج ودلبروك إلى أن التفاعلات بين الجزيئات كانت إلى حد ما مفهومة فهما جيدا، وتوفر الاستقرار لجزيئين لهما بنيتان متكاملتان[*54] في حال وضع أحدهما بجانب الآخر، بدلا من جزيئين لهما بالضرورة بنيتان متماثلتان. ويجب أن تعطى التكاملية الاعتبار الأول في مناقشة التجاذب النوعي بين جزيئين واصطناعهما للإنزيمات[31]. وفي عام 1937 تقدم هالدين (عالم البيوكيمياء والمورثات في كامبردج) باقتراح مماثل: «يمكن أن نتصور سيرورة (نسخ المورث) بطريقة مماثلة لنسخ التسجيل على أسطوانات الحاكي بوساطة نسخة سلبية، ربما ترتبط بالأصلية ارتباط مضاد الجسم[*55] بالمستضد[*56][32]». ولكن شرودنجر لم يذكر أيا من هذه الأفكار المهمة.

ويحوي الفصلان الأخيران من كتاب شرودنجر أفكاره الخاصة حول طبيعة الحياة. فهو يجادل في فصل «النظام والفوضى والأنطروبية»[*57]، بأن «المتعضية الحية تبدو منظومة ماكروية يقرب سلوكها في بعضه من السلوك الميكانيكي الصرف (بصفته سلوكا يتعارض مع السلوك الترموديناميكي)، الذي تسعى إليه كل المنظومات كلما اقتربت درجة الحرارة من الصفر المطلق وزالت عنها الفوضى الجزيئية». وقد توصل إلى هذا الاستنتاج الغريب على أساس أن المنظومات الحية لا تصل إلى التوازن الترموديناميكي الذي يُعرّف بأنه الحالة التي تبلغ فيها الأنطروبية أقصاها. إذ تتجنب المنظومات الحية هذا المصير بأن تتغذى، تبعا لشرودنجر، بالأنطروبية السالبة.

ويراودني ظن في أن شرودنجر قد حصل على هذه الفكرة على وجه الخصوص من محاضرة بولتزمان حول قانون الترموديناميك الثاني، أمام

أكايمية العلوم الإمبراطورية النمساوية في عام 1886:

فمعركة الوجود العامة التي تخوضها المتعضيات الحية إذن، ليست معركة في سبيل المواد الأساسية - إذ إن هذه المواد متوافرة بغزارة في الهواء والماء وعلى الأرض - وليست أيضا في سبيل الطاقة التي يحوي كل جسم منها مقدارا وافرا، وإن في صورة غير متاحة للأسف، بل في سبيل الأنطروبية التي تصبح متاحة بانتقال الطاقة من الشمس الحارة إلى الأرض الباردة[33].

ولقد لفت فرانز سيمون Franz Simon (وكان حينئذ في جامعة أوكسفورد) نظر شرودنجر إلى أننا لا نعيش على ($-T\Delta S$)[*58] وحدها بل نعيش أيضا على الطاقة الحرة[*59][34]. وقد بحث شرودنجر هذا الاعتراض في الطبعة الثانية من كتابه، فكتب يقول إنه كان قد أدرك أهمية الطاقة الحرة، ولكنه رأى أنها تعبير صعب على القارئ العادي. وهذه حجة تبدو لي غريبة، لأن معنى الأنطروبية هو بالتأكيد أصعب على الفهم. ولم يقتنع سيمون بتعقيب شرودنجر فلفت نظره في رسالة وجهها إليه يقول فيها: «إن ردود أفعال الجسم الحي معكوسة جزيئيا فحسب، وكنتيجة لذلك فإن الحرارة تنشأ عن القسم الذي كان علينا أن نتخلص منه إلى الأشياء المجاورة. وتجري أيضا مع هذه الحرارة المولدة بصورة لا معكوسة كميات صغيرة (موجبة أو سالبة) من الحرارة المولدة توليدا معكوسا ($T\Delta S$)، ولكنها كميات لا أهمية لها، لذا لا يمكن أن يكون لها تأثيرات مهمة في السيرورات الحياتية التي عزوتها لها»[35].

وفي الواقع، كان من المعروف عندما ألف شرودنجر كتابه أن وسيلة تداول الطاقة الكيميائية الأولية هي ATP (الأدينوزنين الثلاثي الفوسفات)[*60]، وأن الطاقة الحرة المخزنة في ATP هي أنطالبية[*61] في الغالب. ولكن بريجوجين Prigogine لا يوافق على اعتراضنا أنا وسيمون، وشرح وجهة نظره بأن المتعضيات تحرر في وضعها الاستقراري أنطروبية موجبة بقدر ما تكتسب من أنطروبية سالبة. وقد وجدت أن هذه الحجة يصعب الأخذ بها، لأن النباتات لا تكتسب طاقة حرة إلا على صورة إشعاع تستخدمه في تكوين النظام من اللانظام، أو بعبارة أخرى تحول الأنطالبية (أو المحتوى الحراري) إلى أنطروبية سالبة (أي طاقة مكتسبة منظِّمة).

ولا يتضمن الفصل الأخير «هل بنيت الحياة بالاعتماد على قوانين

الفيزياء»، سوى تكرار وتشديد على الحجة المركزية التي ساقها في بداية الكتاب. وقد كتب شرودنجر أن المورث (الجين)، تبعا لدلبروك، هو جزيء، ولكن طاقة الارتباط في الجزيئات هي من مرتبة طاقة الارتباط بين الذرات في الأجسام الصلبة، كما هي الحال مثلا في البلورات، حيث يتكرر النموذج نفسه دوريا في ثلاثة أبعاد، وحيث يوجد استمرار في الروابط الكيميائية ممتد على مسافات كبيرة. وقد قاده ذلك إلى فرضيته الشهيرة بأن المورث هو بلورة خطية ذات بعد واحد، ما عدا أنها تفتقر إلى التكرار الدوري: أي أنها بلورة لا دورية. إن بلورة واحدة من هذه أو زوجا منها توجه سيرورة الحياة المنظمة، مع أن سلوكها وفقا لقوانين بولتزمان يجب أن يكون شاذا غريبا بصورة لا يمكن توقعها. فخلص شرودنجر من ذلك إلى «أننا أمام آلية مختلفة كل الاختلاف عن الآلية الاحتمالية في الفيزياء، أي آلية لا يمكن إرجاعها إلى قوانين الفيزياء النظامية (العادية)، ولكن ليس على أساس أن هناك قوة جديدة «توجه سلوك الذرات الإفرادية داخل المتعضية، بل لأن بناءها مختلف عن أي بناء سبق أن اختبر وجرب في مختبر الفيزياء».

إني أتساءل: لماذا لم يتلزم شرودنجر بصياغة دلبروك الأفضل بكثير والقائلة إن المورث «كيان بوليميري ينجم عن تكرار بنى ذرية متماثلة». وهنا يمكن للمرء أن يجادل حول التمييز بين اللادوري والمتماثل، ولكن لا يمكن أن يكون دلبروك قد قصد البنى المتماثلة كليا، لأن هذه لا يمكن أن تحتوي على معلومة. وقد اقترح شرودنجر بأن المعلومة الوراثية يمكن أن تكون على شكل كود(*62) خطي شبيه بكود مورس.

وقد حاول شرودنجر أن يبين أن طبيعة المورث تضعنا أمام استنتاج عام وحيد، وهو أن «المادة الحية، على الرغم من أنها لا تفلت من قوانين الفيزياء كما عرفت حتى هذا التاريخ، إلا أنها على الأرجح تسخر قوانين فيزيائية أخرى لا تزال حتى اليوم غير معروفة. وهذه القوانين مع ذلك ما إن يُكشف النقاب عنها، حتى تُشكل جزءا متمما لهذا العلم مثله مثل القوانين السابقة». وهكذا انساق شرودنجر إلى النتيجة نفسها التي كان نيلز بور قد توصل إليها قبل ذلك باثني عشر عاما، ولم يكن شرودنجر يدري بها على مايبدو، وهي نتيجة وجد الفيزيائيون الشبان أنها موحية أيضا.

وقد استند شرودنجر بعدئذ إلى مقالة كتبها ماكس بلانك: «القوانين

الديناميكية والإحصائية». فالقوانين الديناميكية تتحكم في حوادث على صعيد واسع كحركات الكواكب أو الساعات. وتعمل آليات الساعة أو غيرها ديناميكيا لأنها مصنوعة من أجسام صلبة تحافظ على شكلها، نتيجة لقوى لندن ـ هيتلر London - Heitler، وتكفي قوتها لأن تتجنب ذراتها الإفلات بعضها عن بعض في الحركات الحرارية الفوضوية في درجات الحرارة العادية. وكذلك المتعضية، فهي تشبه آلية الساعة في أنها قائمة على جسم صلب: إذ إن البلورة اللادورية المكونة للمادة الوراثية، معزولة عن الحركة الفوضوية. ولا غرو فكل سن من أسنان الدولاب في هذه الآلية ليس من صناعة الإنسان الغر، بل هو أكثر القطع التي تم إنجازها وفق الميكانيك الكمومي الإلهي رهافة وإتقانا. وقد أشار دارلنجتون (من جامعة أوكسفورد) على شرودنجر بأن المورثات هي على الأرجح جزيئات بروتين كما كان الاعتقاد الشائع. وقد استشهد شرودنجر بهذه المعلومة، ولكنه لم يذكر أن البروتينات هي بوليميرات طويلة السلسلة، مكونة مما يقرب من عشرين رابطة مختلفة يمكنها أن تكوِّن تلك الأنماط اللادورية أو الكود (Code) الخطي كانت في ذهنه. ولابد أنه لم يكن مطلعا على أن الطبيعة الكيميائية الحقيقية لهذه «القطعة الأكثر دقة ورهافة» (أي الصبغي) كانت قد نُشرت في الوقت الذي كان يكتب فيه كتابه. ففي يونيو عام 1944 ظهرت في مجلة الطب التجريبي (Journal of Experimental Medicine) مقالة كتبها آفيري O. T. Avery وآخرون، وقد أعطوا فيها دليلا قاطعا على أن المورثات ليست مكونة من بروتينات بل من الدنا DNA(36). فأدى هذا الاكتشاف، الذي جاء في حينه تماما، إلى اعتراف معظم العلماء بأن الحياة يمكن تفسيرها على أساس قوانين الفيزياء المعروفة.

فالتناقضات الظاهرية بين الحياة وقوانين الفيزياء الإحصائية يمكن حلها بالاستعانة بعلم كان شرودنجر يجهل كثيرا من تطوراته. وهذا العلم هو الكيمياء. وعندما كتب شرودنجر «إن مجرى الحوادث المنتظم (المطرد) الذي تحكمه قوانين الفيزياء، ليس أبدا نتيجة لتشكل الذرات تشكلا واحدا حسن التنظيم إلا إذا أعاد هذا التشكل نفسه عدة مرات»، فقد فاته أن يتحقق أن هذه بالتحديد هي الطريقة التي تعمل بها الحفارات الكيميائية. فحين يكون لدينا مصدر للطاقة الحرة، عندئذ يمكن أن يؤدي تشكل الذرات

تشكلا حسن التنظيم، في جزيء وحيد لحفاز أنزيمي، إلى تكوين مركب منظم تنظيما نوعي الفراغية(*63) بمعدل $10^3$ إلى $10^5$ جزيء في الثانية(37)، مكونا بذلك نظاما من الفوضى هو في نهاية الأمر على حساب الطاقة الشمسية. وقد سبق لهالدين أن أشار إلى هذه النقطة في عام 1945 في مراجعته لكتاب شرودنجر.

ولعل الكيميائيين أيضا قد أخبروا شرودنجر بأنه ليس ثمة مشكلة في شرح استقرار البوليميرات التي تتكون منها المادة الحية، لأن طاقتها الارتباطية التي لا تقل عن ثلاثة إلكترون فلط تقابل عمر نصف لكل رابطة لا تقل عن $10^{30}$ سنة في درجة الحرارة العادية. ولكن الصعوبة تكمن في تفسير: كيف أن نماذجها اللادورية تنسخ بدقة في كل جيل. وهذا ما لم يذكره شرودنجر في كتابه.

وقد وضحت الأبحاث إلى حد بعيد ذلك التناقض الظاهري بين عشوائية(*64) الحوادث المتعلقة بالجزيء الفرد ونظامية(*65) الحياة التي أقلقت ذهن شرودنجر. فهذه النظامية (التي عناها) تتعلق بأمانة نسخ الرسالة الوراثية في كل مرة تنقسم فيها الخلية، وفي أمانة اصطناع البروتين. والرسالة الوراثية مكودة(*66) في تعاقب من الأسس النوكليوتيدية(*67) على طول سلسلة من الدنا. ويقترن بهذه السلسلة سلسلة أخرى تحمل تعاقبا متمما من الأسس. والسلسلتان تلتف إحداهما على الأخرى في شكل لولب مضاعف (كالسلم اللولبي) يشكل فيها كل أدنين (A) رابطتين هدروجينيتين مع الثيمين (T)، وكل غوانين (G) يكون ثلاث روابط هدروجينية مع السيتيدين (C). وعند انقسام الخلية تنفصل جديلتا (أي سلسلتا) اللولب المضاعف الأم، وتكون كل واحدة منهما عارضة (أو جدلية) لتكوين جديلة جديدة متممة، لينتج عنهما لولبان مضاعفان ابنان لهما تعاقب الأسس نفسه الذي للولب المضاعف الأب. ويتم التزود بما يلزم عن المونوميرات البسيطة في صورة نوكليوزيد ثلاثي الفوسفات، ويحمل هذا الأخير الطاقة بشكل رابطة فوسفورية ـ أكسجينية غنية بالطاقة لكي يكوّن بها السلسلة المتنامية. ويقوم بمهمة تركيب روابط السلسلة الجديدة حفار كيميائي مكون من أنزيم أو من مجموعة أنزيمات تربط نفسها بطرف اللولب المزدوج وتحله، وتثبت كل جديلة أم تثبيتا جيدا في التشكيل الملائم للقيام بمهمة الحفار إلى تشكيل

رابطة جديدة في السلسلة، ثم تقوم الأنزيمات بخطوة إلى الأمام، إذ تحفز إلى تكوين الرابطة التالية وهكذا.. وقد فصّل آرثر كورينبرج Arthur Korenberg وزملاؤه في جامعة ستانفورد، كيفية قيام هذه الأنزيمات بوظيفتها في العصيات المعوية[38].

ولكن كيف يؤكدون أن النوكليوتيد المتمم (ذا الأساس تيمين مثلا) للنوكليوتيد الموجود على الجديلة الأم (ذي الأساس أدنين) هو وحده الذي ارتبط، في كل مرحلة من مراحل الامتداد، بالجديلة البنت؟ إن الحركيات الكيميائية[*68] من جهة تنبئنا بأن النوكليوتيدات الثلاثية المحتملة الأربعة، يجب أن تقوم بقصف الموضع الفعال من الأنزيم بمعدل بث يقرب من $10^9$ جزيء في الثانية. ثم إن معدلات انفكاكها عن الموضع الفعال تتغير من جهة ثانية، متوقفة على قابليتها لتكوين روابط هدروجينية متتامة مع أساس الجديلة الأم، ولن يبقى النوكليوتيد الجديد في الموضع الفعال مدة طويلة بما يكفي لتكوين رابطة سلسلة جديدة، إلا إذا كان النوكليوتيد الثلاثي الفوسفات الوارد موجها توجيها صحيحا في الموضع الفعال من الأنزيم إذا كانت الفئات الهدروجينية الرابطة لأساسه متممة للفئات الهدروجينية الرابطة للأساس الأم.

إذن، كما تنبأ دلبروك، ليس صحيحا أن انقسام الروابط التشاركية في الجديلة الأم هو المصدر الرئيسي للطفرات التلقائية. وكان أول مصدر تبادر إلى الذهن هو وجود أشكال تكرارية الأجزاء tautomeric للأسس، تختلف في ترتيبها عن ترتيب فئات الرابطة الهدروجينية المانحة والمستقبلة. فتتيح هذه التغيرات للغوانين G أن يقترن مع التيمين T (بدلا من السيتدين C)، أو للسيتدين C أن يقترن بالأدنين A (بدلا من الغوانين). ولكن هذا الاقتران الخاطئ قد يحدث بآلية أخرى وباستهلاك طاقة حرة أقل ظاهريا. فقد بين التحليل بالأشعة السينية لعدد قليل من النوكليوتيدات التركيبية بأن الأسس المقترنة خطأ يمكن أن تشكل روابط هدروجينية بين كل أساس وآخر، وأن تكون متضمنة في اللولب المزدوج مع وجود التواء خفيف فحسب في زوايا الرابطة في سلسلة الأملاح الفوسفورية. وأخيرا يمكن للزوج غوانين ـ أدنين G-A أن يتشكل أيضا (مع التواء بسيط فحسب في اللولب المزدوج) إذا انقلب كل من الأساسين حول رابطته مع الريبوز (السكر)[39].

وقد تبين أنه لو حكمنا على الأمر من تواتر هذه الأخطاء، لوجدنا أن معدل الخطأ في نسخ الرسالة الوراثية يجب أن يتراوح ما بين $10^{-4}$ و $10^{-5}$ في تشكل كل نوكليوتيد. ولكن الواقع أن معدل الخطأ الذي قيس في العصيات المعوية يتراوح ما بين $10^{-8}$ و $10^{-10}$ أي أدنى في مقداره بثلاث مراتب على الأقل من التوقع النظري.

كيف تخرق الطبيعة الترموديناميك الإحصائي؟ إن إحدى حيلها في ذلك هي آلية تشبه آلية تصحيح تجارب الطبع والتحرير. وكان أول من كشف عنها كورنبرج Kornberg وآخرون في ستانفورد ثم لاحقا فيرشت Fresht[40] وزملاؤه، في ستانفورد أولا وفي إمبيريال كولدج بجامعة لندن بعد ذلك. وكما يبدو فإن أول ما دُرست كان في العصيات المعوية. فعند اتصال زوج الأسس تحديدا باللولب المزدوج الابن، يقوم الأنزيم الذي يحفز تمديد الدنا، مباشرة بمهمة ثانية، وهي أنه يستأصل الأسس المتزاوجة خطأ ثم يدمج الأزواج الصحيحة. ولكن تصحيح تجارب الطبع والتحرير معرض أيضا للأخطاء التي تفرضها الحركيات الكيميائية، مما يؤدي إلى أن واحدة من أصل ألف مرة مثلا، يستأصل فيها الأساس الصحيح. وعندئذ لابد من إعادة دمجه في السلسلة المتنامية. وهذا ما يكلف طاقة. فإذا كان تصحيح التجربة متقنا جدا، فعندئذ يتبدد كثير من الطاقة في استئصال الأسس المقترنة بشكل صحيح وإعادة دمجها، أما إذا لم يكن متقنا بما يكفي، عندئذ يترك العديد جدا من الأخطاء في النسخ غير مصححة.

وكان فيرشت قد قاس كلفة الأمانة[*69] باستخدام الجراثيم الطافرة التي هي إما شديدة النزعة للخطأ أو الخالية من الخطأ، وقد بين كيف تنجز الطبيعة أفضل تسوية بزيادة الأمانة بمقدار مرتبتين إلى ما يقرب من $5 \times 10^{-7}$ ولكن هذا مازال غير كاف لتفسير تواتر الطفرات الملاحظ، الذي قدر فقط بما بين $10^{-8}$ إلى $10^{-10}$ في نسخ العصيات المعوية[41]. وقد اكتشف جليكمان Glickman ورادمان Radman آلية تصحيح ثانية للتجارب يمكن أن تميز الجديلة الأم من الجديلة البنت، وذلك بفضل حقيقة أن بعض أسس الجديلة الأم أصبحت مُمَيّثلة[*70]، في حين أن أسس الجديلة البنت مازالت عارية. وعندما تجد آلية تصحيح التجارب أساسا مقترنا بقرين في الجديلة البنت، تستأصله وتستبدل به الأساس الصحيح. وهذا يقلل من معدل الخطأ

بزوال مرتبة أو مرتبتين من مقداره[42]. وقد وجد أن معدل الخطأ الناتج من أنزيم قادر على إصلاح خطأ الازدواج في الرنا الفيروسي هو تقريبا $10^{-4}$ في كل تضاعف، وهذا معدل مرتفع فعلا، وارتفاعه غير مقبول حتى بالنسبة لجرثوم[43].

إن مهمة الرسالة الوراثية هي التكويد لتعاقب الحموض الأمينية على طول سلاسل البروتينات[*71]، لكن الدنا لا يكوّد للبروتينات نفسها مباشرة. وبدلا من ذلك، تبلغ الرسالة الوراثية أولا للرنا الرسول ثم تترجم إلى تعاقب من الحموض الأمينية في سلسلة البروتين المطلوب. فإذا كانت الأنزيمات مهيأة للعمل بفعالية، فعندئذ يجب ألا يتواتر الخطأ في التعاقب، إذ لا وجود للتصحيح في تجربة النقل من الدنا إلى الرنا كما لا وجود لاستئصال إصلاحي، وربما يرد ذلك إلى أنه من النادر أن يكون عدد أزواج الأسس في الرنا الرسول أكثر من $10^4$، لذا كان وجود معدلات خطأ فيها أكبر مما هو في نسخ الدنا أمرا مقبولا. على أن ترجمة الرنا إلى بروتين تطرح مسائل كان أول من أشار إليها لينوس باولينج، والبارز في الأمر أنه أشار إليها قبل أن يكشف النقاب عن الآلية الأنزيمية في اصطناع البروتين[44]. فقد تبين عندئذ أن بعض أزواج الحموض الأمينية تختلف عن بعضها الآخر بزمرة متيل[*72] واحدة فقط.

من السهل علينا تصور موضع فعال في أحد الأنزيمات، يرفض بكفاءة حمضا أمينيا ليس مناسبا له لأنه أكبر مما يلزم بمقدار زمرة متيل واحدة؛ ولكن من الصعب أن نرى كيف يمكن لموضع فعال أن يرفض حمضا أمينيا لمجرد أنه سيترك فراغا (أو ثقبا) بسبب قصره عما يلزم بزمرة متيل واحدة. إن النسبة بين معدلي رد فعل حمضين أمينيين A وB تختلف سلسلتاهما الجانبيتان بطول زمرة متيل واحدة، وأحدهما يناسب الموضع الفعال بإحكام والآخر أقصر منه، تُعطى بالمعادلة التالية التي رمزنا فيها لمعدلي رد الفعل لـ $V_A$ و $V_B$ بالمعادلة:

$$V_A / V_B = \frac{\{A\}}{\{B\}} e^{-\Delta G_b/RT}$$

حيث Gb هو فرق طاقة جيبس الارتباطية[*73] الناجمة عن إسهام

السلسلة الجانبية. وليس من المرجح أن يتجاوز هذا الفرق 3 كيلو حريرة بالمول الواحد. وإذا كان [B] = [A] فهذا يعني أن الجذر التربيعي لـ A و B أصغر من 200، ويؤدي إلى معدل خطأ أكبر من 5 ,0 في المئة[45]. ومع ذلك، حين حاول لفتفيلد Loftfield وفاندرجِجت Vanderjagt قياس معدل الخطأ في مثل هذا الوضع، وجدا أنه ثلاثة أجزاء فقط من أصل 10 آلاف. واستنتجا «أن الدقة في تجمع ببتيدي Peptide كبيرة جدا بل أكبر بكثير مما يمكن استنتاجه من دراسة التفاعلات الكيميائية غير البيولوجية»[46].

لقد بين فيرشت كيف أن معدل الخطأ المنخفض هذا قد تحقق من دون أن يغصب بولتزمان في قبره[*74][47]. فالطبيعة تستفيد من حقيقة أن اصطفاء الحمض الأميني الصحيح في سلسلة البروتين المتنامية تسير في مرحلتين. والمرحلتان كلتاهما يحفزهما الأنزيم نفسه. ففي المرحلة الأولى يقترن الحمض الأميني بالفوسفات ليعطيه رابطة غنية بالطاقة. وفي المرحلة الثانية يصار به إلى مؤهِّل، وهو جزيء من الرنا يحمل ثلاثية من الأسس النوكليوتيدية ذات تكويد مقابل Anticodon مكمل للثلاثية المكودة لهذا الحمض الأميني الخاص. ففي المرحلة الأولى من التفاعل يرفض الأنزيم الحموض الأمينية التي تكون سلاسلها الجانبية غير ملائمة في الموضع الفعال لأنها أطول من اللازم، ولكنه يتفاعل مع الحموض الأمينية التي سلاسلها الجانبية أقصر من اللازم بمعدلات الخطأ الكبيرة التي تنبأ بها باولينج. وتتم المرحلة الأخرى من التفاعل عند موضع فعال مختلف من الأنزيم نفسه. فهذا الأنزيم مبني بحيث يفسح مجالا للحموض الأمينية التي كانت قصيرة جدا بالنسبة للموضع الفعال السابق. وهو يفصلها عن الرنا المؤهِّل ويحررها بسرعة أكثر بمئات المرات من الحمض الأميني الصحيح. فهذه المرحلة الثانية يمكن أن تخفض مقدار الخطأ بمرتبتين، وتعطي بذلك معدل خطأ كلي قدره $10^{-4}$ فقط. وقد دعا فيرشت هذه الطريقة آلية الغربال المزدوج: فالغربال الأول يرفض الحموض الأمينية الأكبر من اللازم، والغربال الآخر يرفض الحموض الأمينية الأصغر من اللازم[*75]. ثم تأتي مرحلة إضافية من الإصلاح والجمع لتعمل على تخفيض الأخطاء المحتملة عند التعرّف بوساطة الثلاثية المكودة على الرنا الرسول للثلاثية ذات التكويد المقابل الموجودة على الرنا المؤهِّل، وهذا ما يضمن

انضواء الحمض الأميني الصحيح في سلسلة البروتين المتنامية[48].

وهكذا أصبح باستطاعتنا أن نرى كيف حلت الحياة مشكلة التعارض الظاهر بين سلوك الجزيئات الفردية الذي لا يمكن توقعه من جهة، والحاجة إلى النظام من جهة ثانية: فقد صنعت أنزيمات تكفي وساعتها لأن تجعل الجزيئات تستقر في بنى وحيدة وتكون قادرة على تثبيت جزيئات أخرى في مواضعها الفعالة، وتحملها على الانضمام بحيث يمكنها التفاعل بمعدلات عالية. ولكن الأنزيمات هي بوليمرات سلاسلها طويلة، فما الذي يجعل سلاسلها ياترى تنطوي لتشكل بنى وحيدة وشديدة التماسك، في حين أن الأنطروبية تدفعها إلى تشكيل لفافات عشوائية؟ لقد أظهر التحليل بالأشعة السينية أن باطن البروتينات هو تراتيب معقدة من الحموض الأمينية المحزومة بشدة مع سلاسل جانبية من الفحوم الهدروجينية التي تلحم كلا منها بالآخر. ويتم هذا الأمر بينها جزئيا بقوى التبعثر التي هي أنطالبية[*76]، وجزئيا بفضل الأنطروبية التي تكتسبها بإبعاد الماء عن داخل البروتين. وعندما تبلغ السلسلة البروتينية أنطروبية قصوى بانفلاتها إلى لفافة عشوائية، تتعرض الزمر القطبية واللاقطبية للماء، فيلتصق هذا الماء بها ويصبح عديم الحركة بحيث تهبط أنطروبيته. وعندما تنطوي السلسلة في صورة بنيتها الوحيدة، تشكل الزمر القطبية على السلسلة الرئيسية روابط هدروجينية بين إحداها والأخرى. فتتراص السلاسل الجانبية اللاقطبية بعضها مع بعض وتتحرر جزيئات الماء المكبّلة. ولكن الربح الناتج في أنطروبية الماء الانتقالية والدورانية هو أكثر من أن يعادل الخسارة في أنطروبية سلسلة البروتين الدورانية. وهكذا فإن نفور جزيئات الماء الفوضوي من الانضباط النظامي المفروض عليها من قبل سلسلة البروتين المنفلتة، هو الذي يوفر القسم الأكبر من طاقة الاستقرار الحرة للسلسلة المطوية ويحافظ عليها في بنيتها الفريدة ذات الفعالية الإنزيمية.

أشعر بعد هذا أن عليّ ألا أنهي هذه القصة من دون أن أروي ما الذي حل بالعلماء الذين أشاع شرودنجر مقالاتهم بين الناس.

فدلبروك الذي ساقته منحة روكفلر إلى باسادينا، ظل فيها حتى آخر حياته باستثناء بعض الانقطاعات القصيرة. وفي بداية الأربعينيات أسس علم الوراثة للفيروسات من نوع آكلات الجراثيم Bacteriophages. ثم درس

مع سلفادور لوريا Luria وراثيات الجراثيم. وقد أصبح رئيسا لفريق من الشبان المتحمسين الذين قاموا بتطوير هذين المجالين من الأبحاث. وفي عام 1969 حاز مع لوريا و أ. د. هيرشي Hershey جائزة نوبل المخصصة للطب أو للفيزيولوجيا «لاكتشافاتهم المتعلقة بآلية الاستنساخ والبنية الوراثية في الفيروسات». وقد توفي دلبروك في باسادينيا في عام 1981.

وفي حين كانت حياة دلبروك سعيدة، كانت حياة تيموفييف مأساوية في نظري، مع أنه لم يكن ينظر إلى حياته، كما أخبرني بعضهم، هذه النظرة. فقد بدأ أبحاثه على الدروزوفيلا (ذبابة الخل) في موسكو في بداية العشرينيات. وتبعا لجوروس ميدفيديف Medvedev فإن «الحكومية السوفييتية عقدت مع ألمانيا في عام 1924 اتفاق تبادل خاصا، يقدم بموجبه معهد القيصر ولهلم لأبحاث الدماغ في «برلين ـ بوش» Berlin-Buch معونة للسوفييت لإقامة مختبر لأبحاث الدماغ في موسكو، يوجّه خصيصا لدراسة دماغ لينين الذي توفي في حزيران 1924 (وحين توفي، كان لينين يعتبر أعظم عبقرية، وكان يتوقع أن يكون دماغه فريدا من نوعه)[49].

وفي محاضرة ألقاها في مختبر موسكو الجديد قال أوسكار فوجت Vogt، مدير معهد القيصر ولهلم، إنه وجد في عمق الطبقة الثالثة من قشرة دماغ لينين خلايا هرمية أكبر وأكثر عددا من كل ما كان قد شاهده من قبل، فاعتبر أن هناك رابطة بين هذه الخلايا الهرمية وقوى لينين في الفكر الترابطي، أي كما تعتبر قوة رافع الأثقال مرتبطة بعضلاته النامية بشدة[50]. ولا تأخذ أبحاث الدماغ الحديثة بهذه الاستنتاجات، ولكنها أوحت في ذلك الزمان بكتابة مقالة حماسية شعبية في إحدى صحف برلين الكبيرة، كتبها آرثر كوستلر Koestler، الذي أصبح روائيا فيما بعد واعتنق العقيدة الشيوعية.

لقد وعدت أكاديمية العلوم السوفييتية أن تشيد مقابل خدمات فوجت مختبرا في معهد فوجت في برلين لدراسة علم الوراثة (الوراثيات) التجريبي. وكان فوجت يمتلك مجموعة ضخمة من النحل الطنان. إذ كان مقتنعا بأن مختلف أنواع النحل الطنان كانت قد ظهرت عن طريق وراثة الصفات المكتسبة التي قال بها لامارك، لا عن طريق الطفرات والاصطفاء الطبيعي. وكان بحاجة إلى عالم في الوراثة ليبرهن على نظريته. ومن بين العلماء

الشبان الذين نُصحوا ببدء العمل في برلين كان تيموفييف. فانتقل إلى ألمانيا في عام 1926 وأسس مختبرا لدراسة الدروزوفيلا (ذبابة الخل) في معهد فوجت. ولكنه لم يبرهن قط على أفكار فوجت اللاماركية، بل أصبح بدلا من ذلك أحد رواد العالم في الوراثيات الآخذين بنظرية مندل Mendel. ويصفه معاصروه بأنه عملاق جسمانيا وفكريا، فقد كان لقبه في روسيا الخنزير البري.

وفي الثلاثينيات فكر تيموفييف بالعودة إلى روسيا، ولكن أصدقاءه نصحوه بأنه لن يكون آمنا هناك لأن اضطهاد ستالين لعلماء الوراثة من أتباع مندل قد بدأ، وكان إخوته الأصغر منه قد أوقفوا، وأعدم أحدهم. وكان ابنه البالغ من العمر سبعة عشر عاما قد التحق في ألمانيا بزمرة العاملين سرا على مناهضة الفاشية، فأمسكت به فرق الجيستابو واختفى. وبعد نهاية الحرب، واحتلال الروس برلين، نصحه بعض زملائه الألمان بالهروب إلى الغرب، ولكنه آثر البقاء إلى جانب مجموعته الثمينة من الذباب. وفي شهر أغسطس 1945، أوقف تيموفييف من قبل البوليس السري السوفييتي وحكم عليه بالسجن عشر سنوات مع الأشغال الشاقة، وأرسل إلى أحد معسكرات السجون في شمال كازخستان. وقد اشترك فيما بعد في إحدى زنزانات السجن مع ألكسندر سولجنيتسين واثنين وعشرين معتقلا آخر في بيتيرسكي Bytyrsky. ويصف سولجنيتسين في كتابه «أرخبيل جولاج» كيف أن حماسة تيموفييف المفرطة للعلم جعلته ينظم ندوات علمية حتى في زنزانته. وقد اتخذ سولجنيتسين منه نموذا للعالم في روايته «الدائرة الأولى».

وفي عام 1947 كتب الفيزيائي فريدريك جوليو - كوري إلى بيريا، رئيس البوليس السري الروسي، ليلتمس، بناء على طلب من أكاديمية العلوم الفرنسية، إخلاء سبيل تيموفييف على أساس أنه عالم ذو شأن كبير وأنه يجب أن يُعطى فرصة للقيام بأبحاثه، فأنقذ حياته بعد أن كان قد شارف على الموت. ولكن بعد عدة شهور من تعافيه في أحد مستشفيات موسكو، استعاد صحته بما يكفي لأن يقيم في أحد السجون السرية معهدا للأبحاث حول البيولوجيا الإشعاعية في شرق الأورال.

وكان الروس قبل ذلك، وبالتحديد في شهر سبتمبر 1945، قد أوقفوا

كارل زيمر مع اثنين من زملائه وأودعوا في سجن لوبليانكا في موسكو للاستجواب. وبعد وقت قصير أرسلوا للعمل في مصنع للأورانيوم ليس بعيدا عن المدينة. وعندما أسس تيموفييف معهده، طلب أن يسمح لزيمر وزوجته وزملائه بأن يلتحقوا به هناك. وكان نظر تيموفييف قد ضعف نتيجة لسوء تغذيته، فكانت زوجته تقرأ له النشرات العلمية. وبعد موت ستالين، أخلي سبيلهم من السجن، ولكنهم استمروا بالعمل في سفيردلوفسك. ثم طلب إلى تيموفييف في عام 1964 أن ينظم قسما لدراسة الوراثة والبيولوجيا الإشعاعية في المعهد الجديد المختص بعلم الأشعة في الطب بأوبنينسك. وهناك التحق به ميدفيدف، عالم الوراثة ومؤلف الكتاب الشهير «صعود نجم ليسنكو Lysenko وأفوله». وكان ميدفيدف يصف تيموفييف بأنه رجل عظيم وعالم ألمعي، وكان تمكنه من مجالات متعددة في علم الوراثة والبيولوجيا، وديناميكيته وجاذبيته الشخصية، يدفع المختبر بكامله للعمل. وقد أصبح بيتر كابيتسا Kapitsa صديقه الحميم.

وفي عام 1970 أحيل تيموفييف إلى التقاعد بمرتب هزيل جعله شبه معدم. وتوفي في عام 1981، أي في العام نفسه الذي توفي فيه صديقه دلبروك، الذي أتى لزيارته في أوبنينسك في العام نفسه بعد نيله جائزة نوبل، ولكن لولا كتاب شرودنجر لكان اسم تيموفييف قد ظل غير معروف خارج دوائر علم الوراثة وبيولوجيا الإشعاع.

في عام 1955 عاد زيمر إلى ألمانيا الغربية، وأصبح أحد الأوائل الذين قدروا أهمية التجاوب السبيني الإلكتروني[*77] بالنسبة للبيولوجيا الإشعاعية، وأوائل الذين برهنوا على أن الإشعاعات المؤينة تولد جذورا حرة في الجزيئات البيولوجية. وفي عام 1957 عين أستاذا في هايدلبرج وأسندت إليه إدارة قسم جديد في البيولوجيا الإشعاعية بالمعهد المخصص للأبحاث النووية في كارلسوره. وهناك عمل على آثار الإشعاعات المؤينة في الدنا وفي جزيئات أخرى مهمة من الناحية البيولوجية، فأصبح مختبره مركزا ناجحا لبيولوجيا الإشعاع التطبيقية والأساسية. وقد نشر كتابا حول هذا الموضوع[51]. وتوفي في كارلسروه عام 1988.

وما دمنا قد تحدثنا عن المهازل فلنختم حديثنا بواحدة ذات صلة. فلقد وجد هـ. تروت Traut عند عمله في مختبر زيمر أن الخط البياني المستقيم

لتغير الاستجابة مع جرعة الإشعاع لم يكن واقعيا. فقد بين أن معدل الطفرات في خلايا بذرة ذبابة الخل، يتغير تغيرا كبيرا في مختلف المراحل من نموها. فإذا تعرضت الذكور للإشعاع ثم تزاوجت مع إناث، يتغير تكرار الطفرات بين الذرية مع الزمن الذي انقضى بين الحادثين، لأن المنى الذي يخصب الأنثى بعد الإشعاع بخمسة أيام يكون في مرحلة من النمو عند التشعيع أبكر من المني الذي يخصب الأنثى بعد يوم واحد من التشعيع[*78]. ولكن الخطوط البيانية في جميع المراحل بين الجرعة والاستجابة ليست مستقيمة. وقد برهن تروت على أن الخط البياني المستقيم للاستجابة، المماثل لذاك الذي لاحظه تيموفييف، يمكن الحصول عليه من جمع مختلف الخطوط البيانية (لتغير الاستجابة مع الجرعة) الناتجة عن التزويج خلال الأيام الأربعة الأولى من الإشعاع[52].

وقد علق زيمر «إن هذه النتيجة تهدم أحد الأركان الأساسية في الكراسة الخضراء (وهو الاسم الذي أصبحت تعرف به مقالة تيموفييف وزيمر ودلبروك). وإنه لأمر غريب فعلا، فهذا البحث كما يبدو لم يعد له أهمية كبيرة، وذلك لسببين: الأول لقد تغير مفهوم المورث مع اتجاهات حديثة في الأبحاث الوراثية، وكذلك في بيولوجيا الإشعاع، تغيرا كبيرا في ثلاثين سنة؛ الثاني لقد أفادت الكراسة الخضراء في خدمة غرض نافع، وهو أنها ساعدت على المباشرة بهذه الاتجاهات الحديثة»[53].

كانت ملاحظة تيموفييف بأن معدل الطفرات يرتفع إلى خمسة أضعافه عند ارتفاع درجة الحرارة 10 درجات، هي الأساس الذي بنى عليه دلبروك تقديره للطاقة اللازمة للطفرات التلقائية. ولكن أصبح من المعروف الآن أن هذه الملاحظة ليست صحيحة دائما، إذ وجد أن هناك معدلات طفرات أخرى ليس لها علاقة بدرجة الحرارة، أو حتى إنها قد تتدنى مع ارتفاع درجات الحرارة[54]. فهذه الاكتشافات تهدم أيضا ركنا آخر من أركان الكراسة الخضراء، ولكنها تثبت مقولة كارل پوپر القائلة إن النتائج التجريبية وإن تكن خاطئة، فقد تساعد أحيانا على تحقيق تقدم علمي.

# الهوامش

(*1) مراجعة لكتاب «نصيحة إلى عالم شاب»، تأليف ميداور

Advice to a Young Scientist, by P. B. Medawar (New York: Harper & Row 1979).

(*2) أحد الذين أسهموا في تطوير الإعلاميات والسبرنتيك وصاحب منهج معروف في البرمجة.

(*3) Sexism تمييز الذكور عن الإناث.

(*4) Racism تفضيل قومية على أخرى.

(*5) Pure بحت، ولكن آثرنا استخدام «نظري» وذلك كمقابل لـ «تطبيقي».

(*6) مراجعة لكتاب «مفاتيح ألغاز موثوقة: الفيزياء الكمومية والبيولوجيا الجزيئية ومستقبل العلم»، تأليف: جيرالد فاينبرج

Solid Clues: Quantum Physics, Molecular Biology and the Future of Science (New York: Simon & Schuster).

(*7) كتب ولز قصة بعنوان «آلة الزمن» تخيل فيها آلة تتجه إلى الماضي وإلى المستقبل.

(*8) ميجابايت.

(*9) Feinberg's Scientific Utopia.

(*10) كل نبضة كهربائية تسير في العصب نتيجة مؤثر هي شحنة تنتقل من موضع على العصب إلى موضع يليه وهكذا، في حين أن النبضة الكهربائية في السلك هي مجموعة شحنات (إلكترونيات حرة) تندفع بقوة مجال كهربائي مؤثر في السلك. ولما كان المجال الكهربائي ينتشر بسرعة الضوء في السلك، لذا تبدو الشحنات وكأنها شحنة واحدة انتقلت بهذه السرعة.

(*11) البطل العالمي في الشطرنج.

(*12) البتة هي واحدة المعلومات.

(*13) لمزيد من المعلومات حول هذا الموضوع، انظر «هل يمكن لآلة أن تفكر؟»، مجلة العلوم، 11/12/(1993)، ص 76.

(*14) Alan Turning رياضياتي إنجليزي اشتغل بالمنطق، انتحر في أواسط القرن الحالي وعمره 42 عاما نتيجة شذوذه الجنسي.

(*15) لنقل بالفاكس.

(*16) الاستنسال أو الكلونة.

(*17) Tadpole.

(*18) Malignancy.

(*19) ونجحوا مؤخرا في استنساخ نعجة.

(*20) علم الكون: العلم الذي يبحث في نشوء الكون وتطوره.

(*21) مراجعة لكتاب «الممكن والراهن»، تأليف فرانسوا جاكوب:

The Possible and the Actual, by Francois Jacob (Stattle: University of Washington Press, 1982)

وفرانسوا جاكوب (من معهد باستور) حائز جائزة نوبل في الطب والفيزيولوجية مشاركة مع جاك

مونو لاكتشافهما كيف يتم صنع البروتين في الخلية.

(22*) "Chance and Neccesity" (London: Collins: 1972) ترجم هذا الكتاب وصدر عن وزارة الثقافة والإرشاد القومي في سوريا في السبعينيات.

(23*) Instructivist

(24*) لقد أثبتنا أن بعض الأفراد الطافرة استطاعت أن تغتذي بالغذاء الجديد, وأن هذه الأفراد الطافرة هي التي تكاثرت وهكذا بدا كأنها ورثت عادة مكتسبة.

(25*) Lego set مجموعة قطع يركب منها الطفل ألعابا كما يشاء.

(26*) Socio - Biologists.

(27*) وردت في إنجيل متى ـ خطبة الجبل (الإصحاح السادس) على النحو المدون أعلاه.

(28*) من الصفّاتية Anthropomorphism: إسناد صفات بشرية إلى غير الإنسان.

(29*) Bacterium's Flagellar Motor.

(30*) à priori.

(31*) كيميائي حيوي.

(32*) أي الحمض الريبي النووي Ribonucleic Acid. والرنا الرسول هو الذي يحمل شفرة البروتين المطلوب اصطناعه إلى جسيم خاص في الخلية لترجمتها.

(33*) Intrinsic.

(34*) Encoded.

(35*) مراجعة كتاب شوكة في نجم البحر، تأليف ديزوفيتش

The Thorn in the Starfioh, by Robert S. Desowitz, (New York: W.W. Norton, 1987)

(36*) Code.

(37*) أو العدوى Infection.

(38*) The Phagocyte Theory.

(39*) Control.

(40*) فالبروتين الذي يشكل معطف الفيروس يعطي علامات الفيروسات الأخرى، مما يمكن خلايا الدم البيضاء المنذرة بالخطر من أن تتعرفها وتدعو إلى تكوين مضادات لها.

(41*) كانديد اسم أطلقه ڤولتير على بطل رواية ألفها لكي يسخر من تعاليم لايبنتز المتفائلة.

(42*) Aftermath of Shingles.

(43*) Infection أو العدوى.

(44*) مراجعة لكتاب «عالم متخيل» تأليف جون جودفيلد - An Imagined World, by June Goodfild (London: Hutchinson 1981)

(45*) Ecotaxapathy.

(46*) نظن أنها إشارة إلى مرغريت تاتشر رئيسة وزراء بريطانيا السابقة.

(47*) نوع من البناء المزخرف انتشر في القرن الثامن عشر.

(48*) مراجعة لكتاب «ما هي الحياة؟» والبيولوجيا الجزيئية "What is Life and Molecular Biology"، تأليف إروَن شرودنجر Erwin Schrondinger (Cambridge University Press, 1987)

(49*) Wave Mechanics.

(50*) طاقة التنشيط هي الطاقة اللازمة لإحداث الانتقال الإلكتروني، أي لانتقال الإلكترون إلى

طاقة أعلى.

(*51) k ثابت بولتزمان، T درجة الحرارة المطلقة، المقدار kT هو كمية الطاقة المتوافرة في درجة الحرارة T.

(*52) Gamets وهي الخلايا الجنسية الذكرية والخلايا الأنثوية الجنسية (الحيوانات المنوية القادرة على التلقيح عند الذكر، والبويضات المهيأة للتقليح عند الأنثى).

(*53) من المعلوم أن الفيزياء التقليدية عاجزة عن تفسير استقرار الذرات، لأن الإلكترونات، حسب القوانين التقليدية، تشع في أثناء دورانها حول النواة في الذرة مما يؤدي إلى فقدانها طاقتها وسقوطها في النواة. لكن الميكانيك الكمومي تغلب على هذه الصعوبة.

(*54) Complementary.

(*55) Antibody.

(*56) Antigen.

(*57) الأنطروبية (الأنتروبية) Entropy في حالة منظومة من الذرات، هي لوغاريتم نسبة احتمال الحالة التي ستصير إليها المنظومة إلى احتمال حالة سابقة لها. ولما كان من الطبيعي أن تسعى حالة المنظومة إلى الحالة الأكثر احتمالا (وعندها تكون نسبة الاحتمالين أكبر من الواحد ولوغاريتمها موجب)، وكانت الحالة أكثر احتمالا هي الفوضى دائما (تقريبا) لذلك تكون الأنطروبية موجبة بشكل عام، أما إذا انتقلت المنظومة إلى الحالة الأقل احتمالا وهي التنظيم تكون الأنطروبية سالبة، وهذه تميز الكائنات الحية.

(*58) تمثل هذه العبارة طاقة سالبة، أي طاقة مكتسبة منظمة في الجسم وليست مبددة، إذ إن S هو تغير أنطروبية الجملة بين حالتين ترموديناميكيتين في درجة الحرارة المطلقة T. ويعبر المقدار $T\Delta S$ عن تغير الطاقة الداخلية لهذه الجملة (مع بقاء حجمها ثابتا) وهي تساوي كمية الحرارة في حالة التحول العكوس.

(*59) تغير الطاقة الحرة لجملة ما نتيجة تحول ترموديناميكي هو العمل الأعظمي الذي ينتجه هذا التحول في درجة حرارة ثابتة.

(*60) Adenosine Triphosphate ومهمته تزويد الخلية بالطاقة سواء أكانت طاقة كهربائية أو كيميائية أو آلية، يتحول بعدها إلى أدينوزين ثنائي الفوسفات. ثم يعود فيستعيد قدرته الطاقية على نقل إلكترونات من احتراق السكر ليختزنها وليصبح من جديد أدينوزين ثلاثي الفوسفات (والأدينوزين هو حمض أميني).

(*61) Enthalpic أي أن محتواها حراري.

(*62) تعريب لـ Code ويقال أيضا راموز، وهو يختلف وضوحا عن الشفرة Cipher التي يراد منها التعمية.

(*63) Stereospecific: ذو نظام نوعي أو محدد لترتيب جزيئاته في الفراغ (الفضاء).

(*64) Randomness.

(*65) Orderliness.

(*66) Encoded.

(*67) يتكون اللولب الصبغي من جديلتين تتالى في كل منهما جزيئاتا سكر وحمض فسفوري على التناوب، وترتبط الجديلتان بروابط مكونة من الأسس (أدنين، ثيمين) و(غوانين، سيتودين). وكل حلقة في هذه السلسلة مكونة من حمض فسفوري + سكر + أساس تسمى نوكليوتيد؛ وكل

حلقة مكونة من سكر + أساس فقط تسمى نوكليوزيد، فكل جديلة من جديلتي اللولب هي سلسلة حلقاتها نوكليوتيدات متعاقبة.

(68*) Chemical Kinctics.

(69*) Fidelity: المطابقة للأصل.

(70*) Methylated.

(71*) نذكر القارئ هنا بأن البروتين هو سلسلة من الحموض الأمينية، ولا يوجد في الطبيعة سوى عشرين حمضا أمينيا، وهذه الحموض هي الأحرف الأولى التي تكون منها البروتينات. فكل بروتين يختلف عن الآخر إما باختلاف بعض حموضه وإما بطريقة تسلسلها (أو بالاثنين معا).

(72*) Methyl Group.

(73*) Gibbs Binding Energy.

(74*) من دون أن يكون هناك تناقض مع النظرية الحركية للغازات وعشوائية حركة الذرات التي ظل بولتزمان يدافع عنها طوال حياته.

(75*) إذ يفصلها عن الرنا بسرعة كبيرة جدا.

(76*) Enthalpic أي أن محتواها حراري.

(77*) Electron Spin Resonance.

(78*) يجب أن نلاحظ هنا أن الإخصاب لا يتم إلا حين يكتمل نمو الحيوانات المنوية، فالذبابات التي استطاعت التلقيح بعد يوم واحد كانت في مرحلة متقدمة من النمو عن تلك التي لقحت بعد خمسة أيام.

# الهوامش والمراجع

## مقدمة:

1- Peter Medawar, The Limes Literary Supplement (London). 25 October 1963: 850.

## القسم الأول

1-Iris Origo, The Merchant of Prato (Harmondsworth: Penguin Books, 1963).

2- H.R. Trevor-Roper, Religion, the Reformation and Social Change, and Other Essays (London. Macmillan, 1967).

3- Martin Gardner, "Seeing Stars." New York Review of Books. 30 june 1988.

4- S.C. Brown, Benjamin Thompson, Count Rumford (Cambridge, Mass: MIT Press, 1979).

5- H.L. Gumpert. Lichtenberg in England (wiesbaden: Otto Harrassow llZ 1977).

6- Seventh Report of the Royal Commission for Environmental pollution, Agriculture, and the Environment (Her Majesty's Stationery of fice, Cmd. No. 7644, 1980).

7- M.S.Swaminathan and V. Nagarajan, "Building a National Food Security System," Indian Journal of Nutrition Science 16 (Delhi: 1979): 83; M. S. Swaminathan, "Recent Advances in Agricultural Sciences, "Proceedings of a Seminar on Science and its Impact on Society (Delhi: Indian National Science Academy, 1978).

8- M.S. Swaminathan. Global Aspects of Food Production (Geneva: World Meteorological Organisation. World Climate Conference, 1979).

9- M.S. Swaminathan, "Rice." Scientific American 250 (January 1984): 63.

10- Vaclav Smil, "China's Food." Scientific American 253 (December 1985): 104: N.R. Lardy, Agriculture in China (Cambridge: Cambridge University Press, 1983).

11- African Agriculture: The Next Twenty-five Years (Rome: Food and Agriculture Organization, 1986).

12- "A Strategy to Put an End to Starvation, "The Guardian (London),9 November 1984.

13- World Development Report 1986 (Oxford: Oxford University Press for the World Bank, 1986).

14- M.M. Cernea, J.K Coulter, and J.F.A. Russell, eds., Agricultural Extension by Training and Visits: The Asian Experience (Washington. D.C: The World Bank, 1983).

15- R.P. Sheldon, "Phosphate Rock". Scientific American 246 (June 1982): 31.

16- Seventh Report of the Roval Commission for Environmental Pollution.

17- Johanna Dobereiner. J.S.A. Netto, and D.B.Arkoll, "Energy Alternatives from Agriculture, "Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia 46 (1981): 431-58.

18- M.W. Service, "Control of Malaria," in Ecological Effects of Pesticides, ed. F. K. Perring and Kenneth Mellanby (New York: Academic Press, 1977).

19- Seventh Report of the Royal Commission for Environmental Pollution; Kenneth Mellanby, The Biology of Pollution, 2d ed. (London: Edward Arnold, 1980).

20- David Pimentel and Marcia Pimentel, Food, Energy, and Socity, ReSources and Environmental Sciences Series (London: Edward Arnold. 1979).

21- D.C. Wilson. "Lessons from Seveso," Chemistry in Britain 18 (1982): 499.

22- D. Weir and M. Schapiro, Circle of Poison (Institute for Food and Development Policy, 2588 Mission Street, San Francisco, Calif. 94-100:1982).

23- M.E. Loevinsohn, "Insecticide Use and Increased Mortality in Rural Central Luzon. Philippines." Lancet 13 (June 1987): 1359.

24- G. C. Pimental and J.A. Coonrod. Opportunities in Chemistry (Washington, D. C: National Academy Press, 1987); R.A. Coffee, "Electrodynamic Crop Spraying," Oultlook on Agriculture 10 (1981): 350.

25- E.A. Bernays, "Nutritional Ecology of Grass Foliage-chewing Insects," in Nutritional Ecology of Insects, Mites, and spiders(London: Wiley, 1986).

26- Seventh Report of the Royal Commission for Environmental Pollution.

27- J. C. Zadoks. "An Integrated Disease and Pest Management Scheme, EPIPRE, for Wheat, "in Better Crops for Food, Ciba Symposium no. 79 (London: Pitman, 1983).

28- Pimentel and Pimentel, Food Energy, and Society.

29- R.S. Chaleff, Genetics of Higher Plants (Cambridge: Cambridge University Press, 1981); Better Crops for Food; Michhael Bevan, "Binary Agrobacterium Vectors for Plant Transformation, "Nucleic Acids Research 12 (1984): 8711.

30- Arthur Klausner, "Monsanto: Betting a Giant on Biotechnology, "Biotechnology 4 (1986): 403.

31- Patricia Powell Abel, R.S. Nelson, Baron De, Nancy Hoffman, S.G. Rogers, R.T. Fraley, and R.N. Beachy. "Delay of Disease Development in Transgenic Plants That Express the Tobacco Mosaic Virus Coat Protein. Gene, "Science 232 (1986): 738.

32- D.M. Shah et al., "Engineering Herbicide Tolerance in Transgenic Plants, "Science 233 (1986): 478.

33- A. de la Pena, H. Lorz, and J. Schell. "Transgenic Rye Plants Obtained by Injecting DNA into Young Floral Tillers, "Nature 325 (1987): 274.

34- Max-Planck Institut fur Zuchtungsforschung, Max- Planck Gesell schaft, Berichte und Mitteilungen Heft 2 (Munchen: 1986).

35- M.D. Gale et al., "An Alpha-amylase Gene from Aegilops ventricosa Transferred to Bread Wheat Together with a Factor for Eyespot
Resistance, "Heredity 52 (1984): 431.

36- Beatrice Mintz, "Gene Expression in Neoplasia and Differentiation," Harvey Lectures 71 (1978): 193.

37- R.D. Pakister, R.L. Brinster et al., “Dramatic Growth of Mice That Develop from Eggs Microinjected with Metallocyanin Growth Hormone Fusion Gene.”Nature 300 (1982): 611.

38- Edmund Halley, “An Estimate of the Degree of Mortality of Mankind Drawn from Various Tables of the Births and Funerals at the City of Breslau; with an Attempt to Ascertain the Price of Annuities upon Lives, “Philosophical Transactions of the Royal Society 17 (1693): 596.

39- John Cairns, “The History of Mortality and the Conquest of Cancer”, in Accomplishments in Cancer Research (Philadelphia: J.B. Lippincott, 1985).

40- Douglas Black, J.N. Morris, C. Smith, and P. Townsend, Inequalities in Health (London: Penguin Books, 1982).

41- John Cairns, “The History of Mortality.”

42- A.M. Anderson, “The Great Japanese IQ Increase, “Nature (London) 297 (1982): 181.

43- J. Fry, D. Brooks, and I. McColl, National Health Service Data Book (Hingham, Mass.: Kluver Boston, MTP Press, 1987).

44- John Cairns, Cancer, Science, and Society (San Francisco: W.H.Freeman, 1978).

45- Fry, Brooks, and McColl, NHS Data Book.

46- Richard Doll, Richard Peto, David Evered, and Julie Whelan, eds., The Value of Preventive Medicine, CIBA Symposium no. 110 (London: Pitman, 1985).

47- Takashi Sugimura, “Carcinogenicity of Mutagenic Heterocyclic Amines Formed during the Cooking Process, “Mutation Research 150 (1985): 33.

48- John Cairns, “The Treatment of Diseases and the War against Cancer,” Scientific American 253 (November 1985): 31-39; Robert W. Miller and Frank W. Mckay, :Decline in U.S. Childhood Cancer,”Journal of the American Medical Association 251(1984): 1567.

49- Joan Shenton, “Exporting Danger to the Third World, “The Independent (London), 23 October 1987.

50- M.F. Steward, “Public Policy and Innovation in the Drug Industry, “in Proceedings of Section 1o (General) of the British Association for the Advancement of Science, 139th Annual Meeting 1977, ed. Douglas Black and G.P. Thomas (London: Croom Helm, 1980); H.G.Grabowski, J.M. Vernon, and L.G. Thomas, “Estimating the Effect of Regulation on Innovation: An International Comparative Analysis of the Drug Industry, “Journal of Law and Economics 21 (1978): 133; Arzneimittel-forschung in Deutschland (Pharma, Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie, Karlstrasse 21, 6000 Frankfurt: 1979-80).

51- Vulimiri Ramalingaswami. “The People. More Technologies for Rural Health. “Proceedings of the Royal Society B 209 (1980): 83.

52- Fry, Brooks, and McColl, NHS Data Book.

53- Doll, Peto, Evered, and Whelan, The Value of Preventive Medicine.

54- D.J. Weatherall, The New Genetics and Clinical Practice (Oxford: Oxford University Press, 1985.

55- Bernadette Modell, R.H.T. Ward, and D.V.L. Fairweather. “Effect of Introducing Antenatal

Diagnosis on Reproductive Behaviour of Families at Risk for Thalassaemia Major, "British Medical Journal 1 (1980): 1347.

56- Report of the World Health Organization/Mediterranean Working Group on Haemoglobinopathies, Brussels: 14 March 1986: Paris: 20 21 March 1987.

57- H.A. Pearson, D.K. Guillotis, L. Rink, and J.A. Wells, "Patient Distribution in Thalassemia Major: Changes from 1973 to 1985, "Pediatrics 80 (1987): 53.

58- Thomas Doetschman, R.G. Gregg, Nobuyo Maeda, M. L. Hooper, D. W. Melton, Simon Thompson, and Oliver Smithies,"Targeted Correction of a Mutant HPRT Gene in Mouse Embryonic Stem Cells, Nature 330 (1987): 576.

59- Le Roy Walters, "The Ethics of Human Gene Therapy," Nature 320 (1986): 225-227; "Points to Consider in the Design and Submission of Human Somatic-Cell Gene Therapy Protocols," Recombinant DNA Technology Bulletin 8 (1985): 116-22.

60- R.A. Weinberg, "A Molecular Basis of Cancer," Scientific American 249 (November 1983): 102-16; Tony Hunter. "The Proteins of Oncogenes." Scientific American 251 (August 1984): 60-69.

61- "The Thrombolysis in Myocardial Infarction Trial: Phase I Findings," New England Journal of Medicine 312 (1985): 932-36; M. Verstraete et al., "Randomized Trial of Intravenous Recombinant Tissue-type plasminogen Activator Versus Intravenous Streptokinase in Acute Hydrocardial Infarction, "Lancet I (1985): 842.

62- A.J.Jeffieys. V. Wilson and S. L.Thein, "Hypervariable Minisatellite Regions in Human DNA. "Nature 314 (1985): 67;A. J. Jeffreys, V. Wilson and S.L. Thein, "Individual-specific Fingerprinting of Human DNA, "Nature 316 (1985): 76;A. J.Jeffreys, J.F.Y. Brookfield, and R. Semenoff, "Positive Identification of an Immigrant: Test Case Using Human DNA Fingerprints, "Nature 317 (1985): 818.

63- Lewis Thomas, The Youngest Science (New Yourk: The Viking Press, 1983; Oxford: Oxford University Press, 1984).

64- Rene J. Dubos, The Professor, The Institute and DNA (New York: The Rockefeller University Press. 1976).

65- Peter Baxendell, "Enhancing Oil Recovery - Making the Most of what We've Got," Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy 94A (April 1985): A84 - A89.

66- The Energy Spectrum: Oil, Natural Gas, Coal, Hydro, Nuclear, Biomass, Geothermal Solar, Tidal, Wind-Shell Briefing Service, no. 3, 1982.

67- H.W. Lewis, "The Safety of Fission Reactors "Scientific American 242 (March 1980): 33; H.M. Agnew. "Gas-cooled Niclear Power Reactors". Scientiftc American 244 (1981): 43.

68- G.T. Seaborg and J.L. Bloom, "Fast Breeder Reactors," Scientific American 233 (1970): 13.

69- Sixth Report of the Royal Commission for Environmental Pollution,Nuclear Power, and the Environment (Her Majesty's Stationery Office, Cmd. No. 6618,1976).

70- Alan Anderson, "Congress Goes for Nevada as Site for Nuclear Waste Storage" Nature 330 (1987): 682.

71- N.J.D.  Lucas, Energy in France (London: Europa Publications, 1980).

72- U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, Electric Power Annual, 1986. DOE/EIA-o348 (86).

73- U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, Annual Energy Outlook, 1984. DOE/EIA-0383 (84).

74- "Shutting the Stable Door, "Nature 223 (1986):28.

75- "Chronology of a Catastrophe," Nature 223 (1986): 28; Richard Wilson, "What Really Went Wrong, "Nature 223 (1986): 29.

76- William Booth, "Postmortem on Three Mile Island, "Science 238 (1987): 1342; U.S. Nuclear Regulatory Commission. Office of Government and Public Affairs, Washington, D.C. 20555.

77- House of Lords Official Report, 19 November 1986 (Her Majesty's Stationery Office), 348-428.

78- Ibid.

79- Ibid.

80- Walter Marshall, "Tizard Lecture." Atom, June 1986, I-8.

81- A.V. Nero, Jr., "Controlling Indoor Pollution, "Scientific American 258 (May 1988): 24.

82- David Forman, Paula Cook-Mozaffari, Sarah Derby, Gwyneth Davey Irene Stratton, Richard Doll and M. Pike, "Cancer near Nuclear Installations." Nature 329 (1987): 499.

83- Guido Biscontin and Luigi Cattalini, "Venice Regained". Chemistry in Britain 16 (1980): 360.

84- Health and Safety Statistics, 1987 (Her Majesty's Stationery Office, ISBBN No. 011883263X. 1981).

85- Roger Revelle, "The Problem with Carbon Dioxide." in Yearbook of Science and the Future (Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1984).

86- Roger Revelle, "Carbon Dioxid and World Climate, "Scientific American 247 (August 1982): 33-41; W.S. Moore, "Late Pleistocene Sea Level History, "in Uranium Series Disequilibrium: Application to Environmental Problems, ed. M. Ivanovich and R.S. Harmon (Oxford: Clarendon Press, 1982).

87- Peter Kapitsa, "physics and the Energy Problem."New Scientist 72 (1976):10.

88- W.C. Gough and B.J. Eastlund, "The Prospects of Fusion Power", Scientific American 224 (February 1971): 50; Gerold Y0nas. "Fusion Power with Particle Beams. "Scientific American 239 (November 1978): 40; Peter Kapitsa, "Energy, the Fusion Solution." New Scientist 72 (1976): 83.

89- Martin Ryle, "The Energy Problem." Resurgence no. 80 (May-June 1980): 6;M. Spencer, "Nuclear Energy, the Real Cost." Ecologist (London) (1982).

90- D.W. Davidson. "Methane Hydrates." in Natural Gas Hrdates, ed. j.L.Cox (Boston: Butterwrth. 1983).

91- Thomas Gold, Power from the Earth (London: J.M. Dent, 1987).

92- World Development Report, 1986.

93- L.R. Brown, "world Population Growth, Soil Erosion, and Food security, "Science 214 (1981): 995.

94- Carl Djerassi, The politics of Contraception (New York: W.W. Norton, 1979).

95- Karl Popper, The Open Society and Its Enemies (London: Routledge & Kegan Paul, 1962).

96- Peter Medawar, "Induction and Intuition in Scientific Thought." in American Philosophical Society Memoirs 75. Jayne Lectures (Philadelphia: 1969).

97- Gotz Aly, ed., Aktion T4 1939 - 45: Die "Euthanasie" Zentrale in der Tiergartenstrasse 4 (Berlin: Edition Hentrich, 1987). My translation.

98- Ibid.; Benno Muller-Hill, Totliche Wissenschaft: die Aussonderung von Juden, Zigeunern und Geisteskranken, 1933-1945 (Deadly Science: The Selection of Jews, Gypsies, and Mental Patients, 1933-1945) (Rowolt Taschenbuch Verlag, Postfach 1349, D-2057 Reinbeln bei Hamburg, 1984).

99- Muller-Hill, Totliche Wissenschaft.

100- S.A. Fetter and K. Tsipis. "Catastrophic Releases of Radioactivity," Scientific American 244 (1981): 33.

101- Solly Zuckerman, Nuclear I llusion and Reality (London: Collins, 1982).

## القسم الثاني

1- Gwyn Macfarlane, Howard Florey: The Making of a Great Scientist (Oxford: Oxford University Press, 1979).

2- Ronald Hare, The Birth of Penicillin (London: George Allen & Unwin, 1970).

3- Ibid.

4- Ibid.

5- R.W. Clark, The Life of Ernst Chain (London: Weidenfeld & Nicolson, 1985).

6- Sir Edward Abraham, "Ernst Boris Chain," in Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 29 (1983): 43.

7- Andre' Maurois, The Life of Alexander Fleming (London: Jonathan Cape, 1959).

8- Peter Medawar, "Induction and Intuition in Scientific Thought." in American Philosophical Society Memoirs 75 (1969).

9- Sanford Brown and Benjamin Thompson, Count Rumford (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1979).

## القسم الثالث

1-Baruch Blumberg, Les Prix Nobel (Stockholm: 1976).

2- R.C. Haddon and A.A. Lamola. "The Moleclar Electronic Device and the Biochip Computer: Present Status." Proceedings of The National Academy of Sciences 82 (1985): 1774 - 1878.

3- Freeman Dyson, Disturbing the Universe (New York: Harper & Row. 1979).

4- Steven Weinberg, Discovery of Subatomic Particles (New York: Scientific American Books, 1983.

5-August Weismann, Essais sur L'Heredite' (Paris: C. Reinwald et Cie, 1892).

6- Karl Popper, Conjectures and Refutations (London: Routledge & Kegan Paul. 1972).

7- Karl Poppper. The Open Society and Its Enemies (London: Routledge & Kegan Paul, 1962).

8- Christian Bauer, H.S. Rollema, H.W. Till, and Gerhard Braunitzer, Journal of Comparative Physiology 136 (1980):67.

9- D. Petschow, Irene Wurdinger, Rosemarie Baumenn, G.Duhm, Gerhard Braunitzer, and Christian Bauer, Journal of Applied Physiology 42 (1977): 139.

10- M.A. Chappell and L.R.J. Snyder, Proceedings of the National Acad emy of Sciences 81 (1984): 5484.

11- Jonathan Flint et al., Nature 321 (1986): 744,

12- Josée Pagnier et al., Proceedings of the National Academy of Sciences 81 (1984): 1771.

13- C. Kumar Patel and Nicolaas Bloembergen. cochairmen, “Report of the American Physical Society on the Feasibility of Directed Energy Weapons.” Scientific American (June 1987): 16.

14- F. Noireau, “HIV Transmission From Monkey to Man” in The Lancet (27 June 1987): 1499.

15- A. Kashamura. Famille, Sexualite’ et Culture (Paris: Payot. 1973).

16- Peter Medawar. The Times Literary Supplement (London). 25 October 1963: 850.

17- N.W. Timofeeff Ressovsky, K.G. Zimmer and Max Delbruck. Nach richten  aus der Biologie der Gesellschaft der Wissenschaften Gottin gen I (1935): 189 - 245.

18- EJ. Yoxen, History of Science 17 (1979). 17-52.

19- François Jacob. The Logic of Living Systems (London: Allen Lane. 1974).

20- F.H.C. Crick, British Medical Bulletin 21 (1965): 183-86.

21- F.H. C. Crick, quoted by R. C. Olby, Journal of the History of Biology 4 (1971): 119-48.

22- E.J. Yoxen, History of Science 17 (1979): 17-52.

23- G.W. Beadle and E. L. Tatum, Proceedings of the National Academy of Sciences 27 (1941):499-506.

24- J.B.S. Haldane, The Biochemistry of the Individual in Perspectives of Biochemistry, ed. J. Needham and D.E. Green (Cambridge: Cambridge University Press, 1937), 1-10.

25- C.H. Waddington Nature 221 (1969): 318-21.

26- Joseph Weiss, Nature 153 (1944): 748-50.

27- E. Collinson, F.S. Dainton, D.R. Smith, and S. Tazuke, Proceedings of the Chemical Society (1962): 140-44.

28- G. Czapski and H. A. Schwartz, Journal of Physical Chemistry 66 (1962): 471-79.

29- F.S. Dainton, Chemical Society Reviews 4 (1975): 323-62.

30- Niels Bohr, Nature 131 (1933): 458-60.

31- Linus Pauling and Max Delbruck. Science 92 (1940): 77-79.

32- Haldane, The Biochemistry of the Individual.

33- Ludwig Boltzmann, Der zweite Hauptsatz der mechanischen war metheorie (Vienna: Sitzungsber ichte der Kaiserlichen Akademic der Wissenschaften, 1886).

34- E.J. Yoxen, History of Science 17 (1979): 17-52).

35- Ibid.

36-O.T. Avery, C.M. Mcleod, and Maclyn MeCarty Journal of Experimental Medicine 79 (1944): 137-58.

37-J.B.S. Haldane, Nature 155 (1945): 375-76.

38- Arthur Kornberg, DNA Replication (San Francisco: W. H. Freeman. 1980); and Kornberg, Supplement to DNA Replication (San Francisco: W. H. Freeman, 1982).

39- Olga Kennard, “Structural Studies of Base Pair Mismatches”. in: Structure and Expression, DNA and Drug Complexes, eds. R. H. Sarma and M.H. Sarma (New York: Adenine Press. 1988): 1-25.

40- Kornberg, DNA Replication: Kornberg. Supplement.

41- A.R. Fersht, Proceedings of the Royal Society B 212 (1981): 351-79.

42- B.W. Glickman and Miroslav Radman, Proceedings of the National Academy of Sciences 77 (1989): 1063-67, For review of mismatch repair in E. coli see Miroslav Radman and Robert Wagner, Annual Review of Genetics 20 (1986): 523-38: Scientific American (August 1988): 24.

43- Eduard Batschelet, Esteban Domingo and Charles Weissman. Gene 1 (1976): 44-33.

44- Linus Pauling. Festscbrift prof Dr. Arthur Stoll Stebzigsten Geburtstag (1958): 507 - 622.

45- Fersht, Proceedings of the Royal socity B212 (1981):531-79.

46- R. B. Loftfield and Dorothy Vanderjagt, Biochemical Journal 128 (1972): 1353-56.

47- Fersht, Proceedings of the Royal Society B212 (1981): 351-79.

48- J.J. Hopfield, Proceedings of the National Academy of Sciences 77 (1974): 4135-39; R.C. Thompson and P.J. Stone, Proceedings of the National Academy of Sciences 74 (1977): 198-202; J.L. Yates, Journal of Biological Chemistry 254 (1979): 1150-54.

49- Z.A. Medvedev, Genetics 100 (1982): 1-5.

50- Oskar Vogt. Journal für Psychlogie und Neurologie 40 (1929): 108.

51- K.G. Zimmer, Quantitative Radiation Biology (Edinburgh: Oliver & Boyd, 1961).

52- H. Traut, “Dose-Dependence of the Frequency of Radiation-induced Recessive Sex-linked Lethals in Drosophila melanogaster, with Special Consideration of the Stage Sensitivity of the Irradiated Germ Cells,” in Repair from Genetic Radiation Damage, ed. F.H. Sobels (London: Pergamon Press. 1963).359.

53- K.G. Zimmer, “The Target Theory,” in:Phage and the Origins of Molecular Biology, eds. John Cairns, G.S. Steng, and J.D. Watson (Long Island: Cold Spring Harbor Laboratory of Quantitative Biology, 1966), 33-42.

54- B.L. Sheldon and J.S.F. Barker, “The Effect of Temperature on Mutation in Drosophila melanogaster.” Mutation Research I (1964): 310-17.

**المؤلف في سطور**

**ماكس بيروتز**

* من مواليد ألمانيا عام 1915

* أكمل دراسته الجامعية في كامبردج (انجلترا) وحصل على دكتوراه فلسفة في الكيمياء الحيوية عام 1940 وبقي هناك.

* اكتشف بنية الهيموغلوبين (خضاب الدم) ووظيفته ونال على اكتشافه جائزة نوبل المخصصة للكيمياء عام 1962.

* عمل سنوات عدة مديرا في هيئة البحث الطبي لوحدة البيولوجيا الجزيئية في مختبر كافنديش في كامبردج.

**المترجمان في سطور**

**محمد وائل الأتاسي**

* يحمل إجازة في الرياضيات والفيزياء ودبلوما في التربية وعلم النفس.

* عمل عضوا في قسم المناهج في وزارة التربية السورية وكذلك في المعهد الوطني التربوي في الجزائر.

* له مقالات منشورة في المجلات العربية الفكرية والثقافية.

* ترجم كتبا علمية عدة، منها: الدقائق الثلاث الأولى من عمر الكون؛ نظرية الكم وقصتها الغريبة؛ قصة الفيزياء؛ العقل والحاسوب وقوانين الفيزياء.




**طرائق الحداثة**

**ضد المتوائمين الجدد**

تأليف: رايموند ويليامز

ترجمة: فاروق عبدالقادر

**د. بسام المعصراني**

* يحمل شهادة الدكتوراه في الفيزياء.
* أستاذ الفيزياء في جامعة دمشق.
* ألف وترجم عددا من الكتب العلمية المتخصصة.
* ترجم عددا من المقالات العلمية والكتب العلمية المبسطة منها: فيزياء عالم الصغائر؛ الطرائق الموضوعية للتأريخ؛ العقل والحاسوب وقوانين الفيزياء.

## هذا الكتاب

ماكس بيروتز هو أحد أبرز علماء بريطانيا. وقد عمل لسنوات عدة مديرا لقسم البيولوجيا الجزيئية بمجلس البحوث الطبية بجامعة كامبردج. وقد حاز جائزة نوبل في الكيمياء عام 1962 لأبحاثه واكتشافاته في مجال تركيب الهيموجلوبين ووظائفه. وفي هذه المجموعة عالية التميز من الدراسات يقدم بيروتز دفاعا بليغا ومثيرا عن أهمية العلم والعلماء.

والكتاب عرض غير متخصص لأهم مكتشفات القرن، يشتمل على دراسات شائقة تنتقل من وقائع تثبت أنه لا غنى لنا عن العلم، إلى أجوبة عن تساؤلات ربما عرضت للكثيرين منا: من اكتشف الصبغيات (الكروموسومات)؟ وما شكلها وتركيبها؟ ومن بدأ بدراسة المناعة؟ وما المجهود الذي بُذل للوصول إلى هذه النتائج التي نلمس في كل يوم ثمارها؟

لقد أبعدت هذه النتائج عن أذهاننا هاجس الخوف من الأوبئة، وبشرتنا بعطاءات الهندسة الوراثية، سواء في مكافحة الأوبئة أو في تحسين الإنتاج الزراعي. وهذا كله معروض بقلم أحد أبرز العلماء البريطانيين، لا يبالغ في التبسيط إلى حد تدليل القارئ، ولا في التعقيد إلى حد تضليله. يستطيع كل إنسان قراءته، والتزود منه بما فيه من معارف بيولوجية وفيزيائية وكيميائية، حتى أن المختص نفسه يستطيع أن يجد فيه ما لم يكن يعرفه.